OPTICAL PICKUP DEVICE, OPJECTIVE LENS AND BEAM EXPANDER

Patent Number: JP2002082280
Publication date: 2002-03-22
Inventor(s): KIMURA TORU
Applicant(s): KONICA CORP
Requested Patent: JP2002082280
Application Number: JP20000330009 20001030
Priority Number(s):
IPC Classification: G02B13/00; G02B13/18; G11B7/135
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical pickup device and an optical system capable of effectively correcting the variation of a spherical aberration generated due to the mode hop of a semiconductor laser.
SOLUTION: Since a means (negative lens 4) for correcting the variation of a spherical aberration generated in an objective lens 3 is arranged between a light source 11 to be the semiconductor laser and the objective lens 3, the variation of the spherical aberration of the lends 3 due to the variation of oscillation wavelength can be effectively suppressed even when the variation of oscillation wavelength is generated due to the generation of a mode hop phenomenon or the like in the laser 11. Even when a change of the refractive index of the lens 3 is generated in accordance with a change in ambient temperature or humidity, the variation of the spherical aberration of the lens 3 which is generated due to the change can be effectively suppressed.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

Citation C

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)公開特許公報（A）　(11)特許出願公開番号
特開2002－82280
（Ｐ２００２－８２２８０Ａ）
(43)公開日　平成14年３月22日(2002.3.22)

(51)Int.Cl.[7]	識別記号	ＦＩ	ﾃｰﾏｺｰﾄﾞ（参考）
G02B 13/00		G02B 13/00	2H087
13/18		13/18	5D119
G11B 7/135		G11B 7/135	A

審査請求　未請求　請求項の数134　ＯＬ　（全58頁）

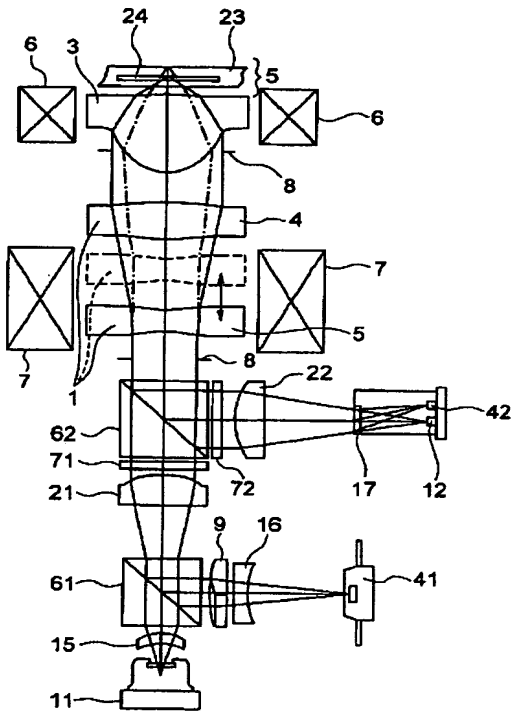
(21)出願番号　特願2000－330009(Ｐ2000－330009)
(22)出願日　平成12年10月30日(2000.10.30)
(31)優先権主張番号　特願2000－139836(Ｐ2000－139836)
(32)優先日　平成12年５月12日(2000.5.12)
(33)優先権主張国　日本（ＪＰ）
(31)優先権主張番号　特願2000－189466(Ｐ2000－189466)
(32)優先日　平成12年６月23日(2000.6.23)
(33)優先権主張国　日本（ＪＰ）

(71)出願人　000001270
コニカ株式会社
東京都新宿区西新宿１丁目26番２号
(72)発明者　木村　徹
東京都八王子市石川町2970番地　コニカ株式会社内

Ｆターム(参考)　2H087 KA13 LA26 NA01 PA01 PA03 PA17 PB01 PB03 QA02 QA07 QA14 QA19 QA21 QA25 QA34 QA41 QA46 RA05 RA12 RA13 RA32 UA01
5D119 AA32 EC01 FA05 JA44 JB02 LB08

(54)【発明の名称】光ピックアップ装置、対物レンズ及びビームエキスパンダー

(57)【要約】
【課題】半導体レーザのモードホップに起因する球面収差の変動を効果的に補正できる光ピックアップ装置及び光学系を提供する。
【解決手段】半導体レーザである光源１１と対物レンズ３との間に、対物レンズ３で発生する球面収差の変動を補正する手段（負レンズ４）を設けているので、半導体レーザ１１にモードホップ現象などが生じて、発振波長に変動が生じた場合でも、それに起因する対物レンズ３の球面収差の変動を、効果的に抑制することが出来る。又、環境温度や湿度変化に応じて、対物レンズ３に屈折率変化が生じたような場合でも、それに起因する対物レンズ３の球面収差の変動を、効果的に抑制することが出来る。



1

【特許請求の範囲】

【請求項１】　光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、

前記対物レンズは、少なくとも１枚のプラスチック材料からなるレンズを含み、

前記光源と前記対物レンズとの間に、温度－３０℃～＋８５℃、湿度５％～９０％の間の環境変化に対して、前記対物レンズの形状及び屈折率の少なくとも一方の変化および前記光源の発振波長変動により生じる、球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項２】　発振波長λの光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、

前記光源と前記対物レンズとの間に、球面収差の変動を補正する手段を設け、

前記球面収差の変動を補正する手段は、０．２λｒｍｓまでの球面収差を０．０７λｒｍｓ以下に補正可能であることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項３】　前記球面収差の変動を補正する手段は、０．５λｒｍｓまでの球面収差を０．０７λｒｍｓ以下に補正可能であることを特徴とする請求項２に記載の光ピックアップ装置。

【請求項４】　光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記対物レンズで発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項５】　光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光源の発振波長の微小変動に起因して前記対物レンズで発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項６】　光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、

2

前記光源と前記対物レンズとの間に、温湿度変化に起因して前記集光光学系で発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項７】　光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光源の発振波長の微小変動及び温湿度変化に起因して前記集光光学系で発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項８】　前記球面収差の変動を補正する手段は、少なくとも１枚の正レンズと少なくとも１枚の負レンズとを含み、少なくともその一方は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする請求項１乃至７のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項９】　前記球面収差の変動を補正する手段は、１枚の正レンズを含み正の屈折力を有する正レンズ群と、１枚の負レンズを含み負の屈折力を有する負レンズ群とを有し、少なくともその一方のレンズ群は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする請求項１乃至７のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項１０】　前記球面収差の変動を補正する手段は、次式を満たすことを特徴とする請求項８に記載の光ピックアップ装置。

$\nu dP > \nu dN$

ただし、

νdP：前記正レンズを含む全正レンズのｄ線のアッベ数の平均

νdN：前記負レンズを含む全負レンズのｄ線のアッベ数の平均

【請求項１１】　前記球面収差の変動を補正する手段は、次式を満たすことを特徴とする請求項９に記載の光ピックアップ装置。

$\nu dP > \nu dN$

ただし、

νdP：前記正レンズを含む全正レンズのｄ線のアッベ数の平均

νdN：前記負レンズを含む全負レンズのｄ線のアッベ数の平均

【請求項１２】　前記νdPと前記νdNが次式を満たすことを特徴とする請求項１０に記載の光ピックアップ装置。

$\nu dP > 55$

$\nu dN < 35$

【請求項１３】　前記νdPと前記νdNが次式を満たすことを特徴とする請求項１１に記載の光ピックアップ装置。

$\nu dP > 55$

νｄＮ＜３５

【請求項１４】　前記球面収差の変動を補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式が成立することを特徴とする請求項８、１０又は１２に記載の光ピックアップ装置。

Δｄ・｜ｆＰ／ｆＮ｜／Δνｄ≦０．０５

ただし、

Δｄ：情報の記録又は再生が可能な任意の１つの光情報記録媒体の１つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記可動要素の移動量（ｍｍ）

ｆＰ：前記正レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

ｆＮ：前記負レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

Δνｄ：前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッベ数の最大値と負レンズのアッベ数の最小値との差

【請求項１５】　前記球面収差の変動を補正する手段は、次式が成立することを特徴とする請求項９、１１、又は１３に記載の光ピックアップ装置。

Δｄ・｜ｆＰ／ｆＮ｜／Δνｄ≦０．０５

ただし、

Δｄ：情報の記録又は再生が可能な任意の１つの光情報記録媒体の１つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記可動要素の移動量（ｍｍ）

ｆＰ：前記正レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

ｆＮ：前記負レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

Δνｄ：前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッベ数の最大値と負レンズのアッベ数の最小値との差

【請求項１６】　前記光ピックアップ装置は、少なくとも２種類の光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、

前記球面収差の変動を補正する手段は、透明基板厚が互いに異なる少なくとも２種類の光情報記録媒体に対して、それぞれの透明基板厚に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項８、１０又は１２に記載の光ピックアップ装置。

【請求項１７】　前記光ピックアップ装置は、少なくとも２種類の光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、

前記球面収差の変動を補正する手段は、透明基板厚が互いに異なる少なくとも２種類の光情報記録媒体に対して、それぞれの透明基板厚に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項９、１１、１３乃至１５のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項１８】　前記光ピックアップ装置は、光情報記録媒体の表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、

前記球面収差の変動を補正する手段は、それぞれの情報記録層にそれぞれ集光させる際にその情報記録層に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項８、１０又は１２に記載の光ピックアップ装置。

【請求項１９】　前記光ピックアップ装置は、光情報記録媒体の表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、

前記球面収差の変動を補正する手段は、それぞれの情報記録層にそれぞれ集光させる際にその情報記録層に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項９、１１、１３乃至１５のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項２０】　前記２種類の光情報記録媒体の透明基板厚をそれぞれａ、ｂ（ａ＜ｂ）としたとき、前記透明基板厚ａの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際には、前記透明基板厚ｂの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際よりも前記負レンズと前記正レンズの間隔を増加させることを特徴とする請求項１６に記載の光ピックアップ装置。

【請求項２１】　前記２種類の光情報記録媒体の透明基板厚をそれぞれａ、ｂ（ａ＜ｂ）としたとき、前記透明基板厚ａの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際には、前記透明基板厚ｂの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際よりも前記負レンズ群と前記正レンズ群の間隔を増加させることを特徴とする請求項１７に記載の光ピックアップ装置。

【請求項２２】　前記球面収差の変動を補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式を満たすことを特徴とする請求項１６、１８又は２０に記載の光ピックアップ装置。

｜ｆＰ／ｆＮ｜≧１．３

ただし、

ｆＰ：前記正レンズ群の焦点距離（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

ｆＮ：前記負レンズ群の焦点距離（ただし、前記負レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折

パワーとを合わせた全体の焦点距離）

【請求項２３】　次式を満たすことを特徴とする請求項１７、１９又は２１に記載の光ピックアップ装置。

｜ｆＰ／ｆＮ｜≧１．３

ただし、

ｆＰ：前記正レンズ群の焦点距離（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

ｆＮ：前記負レンズ群の焦点距離（ただし、前記負レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

【請求項２４】　球面収差の変動に応じて前記可動要素を光軸に沿って変移させる変移装置を有することを特徴とする請求項８乃至２３のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項２５】　前記可動要素は、比重２．０以下の材料から形成されていることを特徴とする請求項８乃至２４のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項２６】　前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項８乃至２５のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項２７】　前記可動要素は、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項８乃至２５のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項２８】　前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、少なくとも一方の面に非球面を有することを特徴とする請求項８乃至２７のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項２９】　前記可動要素の少なくとも１面に非球面を有することを特徴とする請求項２７に記載の光ピックアップ装置。

【請求項３０】　前記球面収差の変動を補正する手段は、飽和吸水率が０．５％以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項８乃至２９のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項３１】　前記球面収差の変動を補正する手段は、前記光源の発振波長の光に対して、厚さ３ｍｍにおける内部透過率が８５％以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項８乃至３０のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項３２】　前記球面収差の変動を補正する手段は、前記１枚の正レンズと前記１枚の負レンズとから構成されたことを特徴とする請求項８乃至３１のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項３３】　前記球面収差の変動を補正する手段は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を含むことを特徴とする請求項８乃至３２のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項３４】　前記球面収差の変動を補正する手段は、屈折率分布変化が可能な素子を有することを特徴とする請求項１乃至７のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項３５】　光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記対物レンズで発生する球面収差の変動と前記対物レンズで発生する軸上色収差とを補正する手段を設けたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項３６】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、少なくとも１枚の正レンズと少なくとも１枚の負レンズとを含み、少なくともその一方は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする請求項３５に記載の光ピックアップ装置。

【請求項３７】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、１枚の正レンズを含み正の屈折力を有する正レンズ群と、１枚の負レンズを含み負の屈折力を有する負レンズ群とを有し、少なくともその一方のレンズ群は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする請求項３５に記載の光ピックアップ装置。

【請求項３８】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、次式を満たすことを特徴とする請求項３６に記載の光ピックアップ装置。

νｄＰ＞νｄＮ

ただし、

νｄＰ：前記正レンズを含む全正レンズのｄ線のアッベ数の平均

νｄＮ：前記負レンズを含む全負レンズのｄ線のアッベ数の平均

【請求項３９】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、次式を満たすことを特徴とする請求項３７に記載の光ピックアップ装置。

νｄＰ＞νｄＮ

ただし、

νｄＰ：前記正レンズを含む全正レンズのｄ線のアッベ数の平均

νｄＮ：前記負レンズを含む全負レンズのｄ線のアッベ数の平均

【請求項４０】　前記νｄＰと前記νｄＮが次式を満たすことを特徴とする請求項３８に記載の光ピックアップ装置。

νｄＰ＞５５

νｄＮ＜３５

【請求項４１】　前記νｄＰと前記νｄＮが次式を満たすことを特徴とする請求項３９〔２１〕に記載の光ピックアップ装置。

νｄＰ＞５５
νｄＮ＜３５
【請求項４２】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式が成立することを特徴とする請求項３６、３８又は４０に記載の光ピックアップ装置。
Δｄ・｜ｆＰ／ｆＮ｜／Δνｄ≦０．０５
ただし、
Δｄ：情報の記録又は再生が可能な任意の１つの光情報記録媒体の１つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記〔球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の〕可動要素の移動量（ｍｍ）
ｆＰ：前記正レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）
ｆＮ：前記負レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）
Δνｄ：前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッベ数の最大値と負レンズのアッベ数の最小値との差
【請求項４３】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、次式が成立することを特徴とする請求項３７、３９又は４１に記載の光ピックアップ装置。
Δｄ・｜ｆＰ／ｆＮ｜／Δνｄ≦０．０５
ただし、
Δｄ：情報の記録又は再生が可能な任意の１つの光情報記録媒体の１つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記可動要素の移動量（ｍｍ）
ｆＰ：前記正レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）
ｆＮ：前記負レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）
Δνｄ：前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッベ数の最大値と負レンズのアッベ数の最小値との差
【請求項４４】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式が成立することを特徴とする請求項３６、３８又は４０に記載の光ピックアップ装置。
Δｄ・｜ｆＰ／ｆＮ｜≦０．５０
ただし、
Δｄ：情報の記録又は再生が可能な任意の１つの光情報記録媒体の１つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記可動要素の移動量（ｍｍ）
ｆＰ：前記正レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）
ｆＮ：前記負レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）
Δνｄ：前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッベ数の最大値と負レンズのアッベ数の最小値との差
【請求項４５】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、次式が成立することを特徴とする請求項３７、３９、４１乃至４３のいずれかに記載の光ピックアップ装置。
Δｄ・｜ｆＰ／ｆＮ｜≦０．５０
ただし、
Δｄ：情報の記録又は再生が可能な任意の１つの光情報記録媒体の１つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記可動要素の移動量（ｍｍ）
ｆＰ：前記正レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）
ｆＮ：前記負レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）
Δνｄ：前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッベ数の最大値と負レンズのアッベ数の最小値との差
【請求項４６】　前記光ピックアップ装置は、少なくとも２種類の光情報記録媒体に対して情報を記録及び／又は再生可能となっており、
前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、透明基板厚が互いに異なる少なくとも２種類の光情報記録媒体に対して、それぞれの透明基板厚に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項３６、３８又は４０に記載の光ピックアップ装置。
【請求項４７】　前記光ピックアップ装置は、少なくとも２種類の光情報記録媒体に対して情報を記録及び／又は再生可能となっており、
前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、透明基板厚が互いに異なる少なくとも２種類の光情報記録媒体に対して、それぞれの透明基板厚に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項３７、３９、４１乃至４５のいずれかに記載の光ピックアップ装置。
【請求項４８】　前記光ピックアップ装置は、光情報記録媒体の表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、
前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段

は、それぞれの情報記録層にそれぞれ集光させる際にその情報記録層に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項３６、３８、又は４０に記載の光ピックアップ装置。

【請求項４９】　前記光ピックアップ装置は、光情報記録媒体の表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、

前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、それぞれの情報記録層にそれぞれ集光させる際にその情報記録層に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項３７、３９、４１乃至４５のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項５０】　前記２種類の光情報記録媒体の透明基板厚をそれぞれａ、ｂ（ａ＜ｂ）としたとき、前記透明基板厚ａの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際には、前記透明基板厚ｂの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際よりも前記負レンズと前記正レンズの間隔を増加させることを特徴とする請求項４６に記載の光ピックアップ装置。

【請求項５１】　前記２種類の光情報記録媒体の透明基板厚をそれぞれａ、ｂ（ａ＜ｂ）としたとき、前記透明基板厚ａの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際には、前記透明基板厚ｂの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際よりも前記負レンズ群と前記正レンズ群の間隔を増加させることを特徴とする請求項４７に記載の光ピックアップ装置。

【請求項５２】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式を満たすことを特徴とする請求項４６、４８又は５０に記載の光ピックアップ装置。

｜ｆＰ／ｆＮ｜≧１．３

ただし、

ｆＰ：前記正レンズ群の焦点距離（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

ｆＮ：前記負レンズ群の焦点距離（ただし、前記負レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

【請求項５３】　次式を満たすことを特徴とする請求項４７、４９又は５１に記載の光ピックアップ装置。

｜ｆＰ／ｆＮ｜≧１．３

ただし、

ｆＰ：前記正レンズ群の焦点距離（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

ｆＮ：前記負レンズ群の焦点距離（ただし、前記負レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

【請求項５４】　球面収差の変動に応じて前記可動要素を光軸に沿って変移させる変移装置を有することを特徴とする請求項３６乃至５３のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項５５】　前記可動要素は、比重２．０以下の材料から形成されていることを特徴とする請求項３６乃至５４のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項５６】　前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項３６乃至５５のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項５７】　前記可動要素は、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項３６乃至５５のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項５８】　前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、少なくとも一方の面に非球面を有することを特徴とする請求項３６乃至５７のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項５９】　前記可動要素の少なくとも１面に非球面を有することを特徴とする請求項５７に記載の光ピックアップ装置。

【請求項６０】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、飽和吸水率が０．５％以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項３６乃至５９のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項６１】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、前記光源の発振波長の光に対して、厚さ３ｍｍにおける内部透過率が８５％以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項３６乃至６０のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項６２】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、前記１枚の正レンズと前記１枚の負レンズとから構成されたことを特徴とする請求項３６乃至６１のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項６３】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を含むことを特徴とする請求項３６乃至６２のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項６４】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、屈折率分布変化が可能な素子を有することを特徴とする請求項３５に記載の光ピックアップ装置。

【請求項６５】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、前記対物レンズの軸上色収差を補正する機能を備えたカップリングレンズを有することを特徴とする請求項６４に記載の光ピックアップ装置。

【請求項６６】　輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有することを特徴とする請求項１乃至６

５のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項６７】　前記対物レンズが前記光学素子であることを特徴とする請求項６６に記載の光ピックアップ装置。

【請求項６８】　前記対物レンズは、少なくとも１面が非球面の単玉対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項６７に記載の光ピックアップ装置。

５．０≦ｆＤ／ｆ≦４０．０

ただし、

ｆＤ：前記対物レンズの前記回折構造を$\Phi b = b_1 h^2 + b_2 h^4 + b_3 h^6 + \cdots\cdots$により定義される光路差関数で表した（ここで、ｈは光軸からの高さ（ｍｍ）であり、b_2、b_4、b_6、……は２次、４次、６次、……の光路差関数係数である）とき、ｆＤ＝１／（－２・b_2）により定義される、前記対物レンズの前記回折構造のみによる前記光源の発振波長における焦点距離

ｆ：前記対物レンズの屈折パワーと前記対物レンズの前記回折構造による回折パワーとを合わせた前記対物レンズ全体の前記光源の発振波長における焦点距離

【請求項６９】　前記回折構造は、その回折構造によって発生する回折光のうち、他のいずれの次数の回折光の回折光量よりも大きい回折光量のｎ次回折光（ここで、ｎは、－１、０及び＋１以外の整数）を発生するよう構成されており、前記光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生のために、前記ｎ次回折光を前記光情報記録媒体の情報記録面に集光可能であることを特徴とする請求項３３、６３、６６乃至６８のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項７０】　輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有するとともに、前記球面収差の変動を補正する手段は、前記正レンズを含む全正レンズのそれぞれのアッベ数が７０．０以下、あるいは、前記負レンズを含む全負レンズのそれぞれのアッベ数が４０．０以上であることを特徴とする請求項８乃至３３のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項７１】　輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有するとともに、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、前記正レンズを含む全正レンズのそれぞれのアッベ数が７０．０以下、あるいは、前記負レンズを含む全負レンズのそれぞれのアッベ数が４０．０以上であることを特徴とする請求項３６乃至６３のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項７２】　前記球面収差の変動を補正する手段は、前記光源の発振波長における近軸パワーをＰ１とし、前記発振波長より１０ｎｍ短い波長における近軸パワーをＰ２とし、前記発振波長より１０ｎｍ長い波長における近軸パワーをＰ３としたとき、次式を満足することを特徴とする請求項７０に記載の光ピックアップ装置。

Ｐ２＜Ｐ１＜Ｐ３

【請求項７３】　前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、前記光源の発振波長における近軸パワーをＰ１とし、前記発振波長より１０ｎｍ短い波長における近軸パワーをＰ２とし、前記発振波長より１０ｎｍ長い波長における近軸パワーをＰ３としたとき、次式を満足することを特徴とする請求項７１に記載の光ピックアップ装置。

Ｐ２＜Ｐ１＜Ｐ３

【請求項７４】　前記回折面は、前記光源の発振波長の微小変動に対して、前記対物レンズで発生する軸上色収差を抑制する機能を有することを特徴とする請求項３３、６３、６６乃至７３のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項７５】　前記回折面は、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有することを特徴とする請求項３３、６３、６６乃至７４のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項７６】　前記回折面は、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズの球面収差が補正不足となるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする請求項３３、６３、６６乃至７５のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項７７】　前記光源は、発振波長λ１の光源と発振波長λ２（λ１＜λ２）の光源との少なくとも２つの光源を有し、

前記集光光学系は、前記発振波長λ１の光源からの第１の光束を、透明基板厚ｔ１の第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差０．０７λ１ｒｍｓ以下の状態で集光でき、前記発振波長λ２の光源から出射された第２の光束を、透明基板厚ｔ２（ｔ１≦ｔ２）の第２の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差０．０７λ２ｒｍｓ以下の状態で集光できることを特徴とする請求項１乃至６５のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項７８】　輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有することを特徴とする請求項７７に記載の光ピックアップ装置。

【請求項７９】　前記光学素子の前記回折面は、前記発振波長λ１の光源から出射された前記第１の光束を、透明基板厚ｔ１の第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差０．０７λ１ｒｍｓ以下の状態で集光でき、前記発振波長λ２（λ１＜λ２）の光源から出射された前記第２の光束を、透明基板厚ｔ２（ｔ１≦ｔ２）の第２の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差０．０７λ２ｒｍｓ以

下の状態で集光できるような波長特性を有することを特徴とする請求項７８に記載の記載の光ピックアップ装置。

【請求項８０】　前記第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長λ１の光源から出射された前記第１の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数をＮＡ１とし、前記第２の情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長λ２の光源から出射された前記第２の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数をＮＡ２（ＮＡ１＞ＮＡ２）としたとき、

前記光学素子の前記回折面は、前記発振波長λ２の光源から出射された前記第２の光束を、前記第２の光情報記録媒体の情報記録面に対して前記ＮＡ１内で波面収差０．０７λ２ｒｍｓ以上の状態で集光させることを特徴とする請求項７９に記載の記載の光ピックアップ装置。

【請求項８１】　前記対物レンズが前記光学素子であることを特徴とする請求項７８乃至８０のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項８２】　前記対物レンズは、少なくとも１面が非球面の単玉対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項８１に記載の光ピックアップ装置。

０．５≦（ｆ１／νｄ）・ｆＤ１≦１０．０

ただし、

ｆ１：前記対物レンズの屈折パワーと前記対物レンズの前記回折構造による回折パワーとを合わせた前記対物レンズ全体の前記発振波長λ１における焦点距離（ｍｍ）

νｄ：前記対物レンズのｄ線のアッベ数

ｆＤ１：前記対物レンズの前記回折構造を$\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 + \cdots\cdots$により定義される光路差関数で表した（ここで、ｈは光軸からの高さ（ｍｍ）であり、b_2、b_4、b_6、……は２次、４次、６次、……の光路差関数係数である）とき、ｆＤ＝１／（－２・b_2）により定義される、前記対物レンズの前記回折構造のみによる前記発振波長λ１における焦点距離（ｍｍ）

【請求項８３】　前記対物レンズは、少なくとも１面が非球面の単玉対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項８１に記載の光ピックアップ装置。

－２５．０≦（b_2／λ１）≦０．０

ただし、

b_2：前記対物レンズの前記回折構造を$\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 + \cdots\cdots$により定義される光路差関数で表した（ここで、ｈは光軸からの高さ（ｍｍ）であり、b_2、b_4、b_6、……は２次、４次、６次、……の光路差関数係数である）ときのその２次の光路差関数係数

λ１：前記発振波長λ１（ｍｍ）

【請求項８４】　前記回折面は、前記光源の発振波長の微小変動に対して、前記対物レンズで発生する軸上色収差を補正する機能を有することを特徴とする請求項７８乃至８３のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項８５】　前記回折面は、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有することを特徴とする請求項７８乃至８４のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項８６】　前記回折面は、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズの球面収差が補正不足となるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする請求項７８乃至８５のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項８７】　前記対物レンズは、少なくとも１面に、光軸側からその外周に向かって順に、屈折作用により前記光源から出射された光束を複数の光束に分割する、少なくとも第１の部分、第２の部分及び第３の部分を有し、

前記第１の部分及び前記第３の部分は、透明基板厚ｔ１の第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記光源からの光束を集光可能であり、

前記第１の部分及び前記第２の部分は、透明基板厚ｔ２（ｔ１＜ｔ２）の第２の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記光源からの光束を集光可能であることを特徴とする請求項１乃至６５のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項８８】　前記対物レンズは、少なくとも１面に、光軸側からその外周に向かって順に、屈折作用により前記光源から出射された光束を複数の光束に分割する、少なくとも第１の部分、第２の部分及び第３の部分を有し、

前記第１の部分及び前記第３の部分は、前記第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記発振波長λ１の光源からの光束を集光可能であり、

前記第１の部分及び前記第２の部分は、前記第２の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記発振波長λ２の光源からの光束を集光可能であることを特徴とする請求項７７に記載の光ピックアップ装置。

【請求項８９】　前記対物レンズの少なくとも１面に、屈折作用により入射光束をｋ個（ｋ≧４）の輪帯状の光束（ここで、光軸側からその外側に向かって、順に第１、第２、・・・・・・、第ｋ光束とする）に分割する輪帯状段差部分を形成し、

前記第１の光情報記録媒体に対して情報の記録及び／または再生を行う場合には、

前記第１及び第ｋ光束がつくる最良像面位置における前記第１及び第ｋ光束の波面収差の球面収差成分は０．０

５λ１ｒｍｓ以下（λ１の光源波長）であり、
前記第２ないし第（ｋ－１）光束のうち、少なくとも２つの光束はそれぞれ、前記第１及び第ｋ光束がつくる前記最良像面位置とは異なる位置に見かけ上の最良像面位置が形成され、
前記第１及び第ｋ光束がつくる前記最良像面位置で、前記第１の光情報記録媒体に対する必要開口数内を通る前記第１ないし第ｋ光束のそれぞれの光束内の光線の波面収差がほぼｍｉλ１（ｍｉ個は整数で、ｉ＝１，２，・・・・・，ｋ）となることを特徴とする請求項７７に記載の光ピックアップ装置。

【請求項９０】　前記第１の光情報記録媒体の透明基板厚ｔ１は、０．６ｍｍ以下であり、前記第２の光情報記録媒体の透明基板厚ｔ２は、０．６ｍｍ以上であり、前記発振波長λ２は、６００ｎｍ以上８００ｎｍ以下の範囲内であることを特徴とする請求項７７乃至８６、８８、８９のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項９１】　前記対物レンズの球面収差のうち、３次の球面収差成分をＳＡ１、５次及び７次及び９次の球面収差成分の和をＳＡ２としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項１乃至９０のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

｜ＳＡ１／ＳＡ２｜＞１．０

ただし、
ＳＡ１：収差関数をツェルニケ（Ｚｅｒｎｉｋｅ）の多項式に展開したときの３次の球面収差成分
ＳＡ２：収差関数をツェルニケ（Ｚｅｒｎｉｋｅ）の多項式に展開したときの５次の球面収差成分と７次の球面収差成分と９次の球面収差成分との２乗和の平方根

【請求項９２】　前記対物レンズの開口数を決定する絞りが、前記対物レンズのもっとも光源側の面の面頂点より前記光情報記録媒体が配置される側に位置することを特徴とする請求項１乃至９１のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項９３】　前記対物レンズは、少なくとも１面に非球面を有する単玉対物レンズであることを特徴とする請求項１乃至９２のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項９４】　前記光源は、少なくとも５００ｎｍ以下の波長に発振波長を持つ光源を有することを特徴とする請求項１乃至９３のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項９５】　前記対物レンズの像側開口数ＮＡは、少なくとも０．６５以上であることを特徴とする請求項１乃至９４のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項９６】　前記対物レンズが、以下の式を満たすことを特徴とする請求項１乃至９５に記載の光ピックアップ装置。

１．１≦ｄ１／ｆ≦３．０

ただし、
ｄ１：軸上レンズ厚（ｍｍ）
ｆ：前記光源の発振波長における焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記光源に発振波長が異なる複数の光源を有する場合には、最も波長が短い発振波長における焦点距離、また前記対物レンズに回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

【請求項９７】　前記対物レンズが、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項１乃至９６のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項９８】　前記対物レンズが、飽和吸水率が０．５％以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項１乃至９７のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項９９】　前記対物レンズは、前記光源の発振波長の光に対して、厚さ３ｍｍにおける内部透過率が８５％以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項１乃至９８のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項１００】　請求項１乃至９９のいずれかに記載の光ピックアップ装置に適用可能であることを特徴とする対物レンズ。

【請求項１０１】　請求項１乃至９９のいずれかに記載の光ピックアップ装置に用いられた前記対物レンズであることを特徴とする対物レンズ。

【請求項１０２】　少なくとも２種類の光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能な光ピックアップ装置であって、発振波長λ１の光源と、前記発振波長λ１とは異なる発振波長λ２（λ１＜λ２）の光源と、前記発振波長λ１の光源から出射された第１の光束を、透明基板厚ｔ１の透明基板を介して第１の光情報記録媒体の情報記録面上に集光させると共に、前記発振波長λ２の光源から出射された第２の光束を、透明基板厚ｔ２（ｔ１≦ｔ２）の透明基板を介して第２の光情報記録媒体の情報記録面上に集光させる対物レンズを含む集光光学系と、前記第１及び前記第２の光情報記録媒体からの反射光を受光する光検出器とを有する光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、
次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

１．１≦ｄ１／ｆ≦３．０

ただし、
ｄ１：軸上レンズ厚（ｍｍ）
ｆ：前記発振波長λ１における焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記対物レンズに回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

【請求項１０３】　像側開口数ＮＡは、０．７５以上であることを特徴とする請求項１０２に記載の対物レンズ。

【請求項１０４】　輪帯状の回折構造を有する回折面を備えていることを特徴とする請求項１０２又は１０３に記載の対物レンズ。

【請求項１０５】　前記回折面は、前記発振波長λ１の光源から出射された前記第１の光束を、前記第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差０．０７λ１ｒｍｓ以下の状態で集光でき、前記発振波長λ２の光源から出射された前記第２の光束を、前記第２の情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差０．０７λ２ｒｍｓ以下の状態で集光できるような波長特性を有することを特徴とする請求項１０４に記載の対物レンズ。

【請求項１０６】　前記第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長λ１の光源から出射された前記第１の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数をＮＡ１とし、前記第２の情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長λ２の光源から出射された前記第２の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数をＮＡ２（ＮＡ１＞ＮＡ２）としたとき、

前記回折面は、前記発振波長λ２の光源から出射された前記第２の光束を、前記第２の光情報記録媒体の情報記録面に対して前記ＮＡ１内で波面収差０．０７λ２ｒｍｓ以上の状態で集光させることを特徴とする請求項１０４又は１０５に記載の対物レンズ。

【請求項１０７】　前記回折面は、前記光源の発振波長の微小変動に対して、軸上色収差を抑制する機能を有することを特徴とする請求項１０４乃至１０６のいずれかに記載の対物レンズ。

【請求項１０８】　前記回折面は、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に前記対物レンズのバックフォーカスを短くするような波長特性を有することを特徴とする請求項１０４乃至１０７のいずれかに記載の対物レンズ。

【請求項１０９】　前記回折面は、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に前記対物レンズの球面収差が補正不足になるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする請求項１０４乃至１０８のいずれかに記載の対物レンズ。

【請求項１１０】　少なくとも１面が非球面の単玉レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項１０２乃至１０９のいずれかに記載の対物レンズ。

０．５≦（ｆ１／νｄ）・ｆＤ１≦１０．０

ただし、

ｆ１：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた前記発振波長λ１における焦点距離（ｍｍ）

νｄ：レンズ材料のｄ線のアッベ数

ｆＤ１：前記回折構造を$\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 +$……により定義される光路差関数で表した（ここで、ｈは光軸からの高さ（ｍｍ）であり、b_2、b_4、b_6、……は２次、４次、６次、……の光路差関数係数である）ときの２次の光路差関数係数

ｆＤ１＝１／（－２・b_2）により定義される、前記回折構造のみによる前記発振波長λ１における焦点距離（ｍｍ）

【請求項１１１】　少なくとも１面が非球面の単玉レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項１０２乃至１０９のいずれかに記載の対物レンズ。

－２５．０≦（b_2／λ１）≦０．０

ただし、

b_2：前記回折構造を$\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 +$……により定義される光路差関数で表した（ここで、ｈは光軸からの高さ（ｍｍ）であり、b_2、b_4、b_6、……は２次、４次、６次、……の光路差関数係数である）ときのその２次の光路差関数係数

λ１：前記発振波長λ１（ｍｍ）

【請求項１１２】　球面収差のうち、３次の球面収差成分をＳＡ１、５次及び７次及び９次の球面収差成分の和をＳＡ２としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項１０２乃至１１１のいずれかに記載の対物レンズ。

｜ＳＡ１／ＳＡ２｜＞１．０

ただし、

ＳＡ１：収差関数をツェルニケ（Ｚｅｒｎｉｋｅ）の多項式に展開したときの３次の球面収差成分

ＳＡ２：収差関数をツェルニケ（Ｚｅｒｎｉｋｅ）の多項式に展開したときの５次の球面収差成分と７次の球面収差成分と９次の球面収差成分との２乗和の平方根

【請求項１１３】　少なくとも１面に、光軸側からその外周に向かって順に、屈折作用により前記光源から出射された光束を複数の光束に分割する、少なくとも第１の部分、第２の部分及び第３の部分を有し、

前記第１の部分及び前記第３の部分は、前記第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記発振波長λ１の光源からの光束を集光可能であり、

前記第１の部分及び前記第２の部分は、前記第２の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記発振波長λ２の光源からの光束を集光可能であることを特徴とする請求項１０２又は１０３に記載の対物レンズ。

【請求項１１４】　少なくとも１面に、屈折作用により入射光束をｋ個（ｋ≧４）の輪帯状の光束（ここで、光軸側からその外側に向かって、順に第１、第２、・・・・・、第ｋ光束とする）に分割する輪帯状段差部分を形成し、

前記第１の光情報記録媒体に対して情報の記録及び／または再生を行う場合には、

前記第１及び第ｋ光束がつくる最良像面位置における前記第１及び第ｋ光束の波面収差の球面収差成分は０．０５λｌｒｍｓ以下（λｌの光源波長）であり、

前記第２ないし第（ｋ－１）光束のうち、少なくとも２つの光束はそれぞれ、前記第１及び第ｋ光束がつくる前

記最良像面位置とは異なる位置に見かけ上の最良像面位置が形成され、
前記第１及び第ｋ光束がつくる前記最良像面位置で、前記第１の光情報記録媒体に対する必要開口数内を通る前記第１ないし第ｋ光束のそれぞれの光束内の光線の波面収差がほぼmiλl（mi個は整数で、ｉ＝１，２，・・・・・，ｋ）となることを特徴とする請求項１０２又は１０３に記載の対物レンズ。
【請求項１１５】　プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項１０２乃至１１４のいずれかに記載の対物レンズ。
【請求項１１６】　飽和吸水率が０．５％以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項１０２乃至１１５のいずれかに記載の対物レンズ。
【請求項１１７】　前記光源の発振波長に対して、厚さ３mmにおける内部透過率が８５％以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項１０２乃至１１６のいずれかに記載の対物レンズ。
【請求項１１８】　少なくとも一方の面が非球面の単玉レンズであることを特徴とする請求項１０２乃至１１７のいずれかに記載の対物レンズ。
【請求項１１９】　請求項１乃至９９のいずれかに記載の光ピックアップ装置に適用可能であることを特徴とする請求項１０２乃至１１８のいずれかに記載の対物レンズ。
【請求項１２０】　少なくとも１枚の正レンズと少なくとも１枚の負レンズとを含み、少なくともその一方は光軸方向に沿って変移可能な可動要素となっており、前記正レンズを含む全正レンズのそれぞれのアッベ数が７０．０以下あるいは前記負レンズを含む全負レンズのそれぞれのアッベ数が４０．０以上であって、少なくとも１面に輪帯状の回折構造を有する回折面を有することを特徴とするビームエキスパンダー。
【請求項１２１】　入射させる光束を出力する光源の発振波長における近軸パワーをＰ１とし、前記発振波長より１０ｎｍ短い波長における近軸パワーをＰ２とし、前記発振波長より１０ｎｍ長い波長における近軸パワーをＰ３としたとき、次式を満足することを特徴とする請求項１２０に記載のビームエキスパンダー。
Ｐ２＜Ｐ１＜Ｐ３
【請求項１２２】　前記回折面は、入射させる光束を出力する光源の発振波長の微小変動に対して、出射側に配置される集光レンズで発生する軸上色収差を抑制する機能を有することを特徴とする請求項１２０又は１２１に記載のビームエキスパンダー。
【請求項１２３】　前記回折面は、入射させる光束を出力する光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、出射側に配置される集光レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有することを特徴とする請求項１２０乃至１２２のいずれかに記載のビームエキスパンダー。
【請求項１２４】　前記回折面は、入射させる光束を出力する光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、出射側に配置される集光レンズの球面収差が補正不足となるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする請求項１２０乃至１２３のいずれかに記載のビームエキスパンダー。
【請求項１２５】　前記可動要素は、比重２．０以下の材料から形成されていることを特徴とする請求項１２０乃至１２４のいずれかに記載のビームエキスパンダー。
【請求項１２６】　前記可動要素は、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項１２０乃至１２５のいずれかに記載のビームエキスパンダー。
【請求項１２７】　前記可動要素の少なくとも１面に非球面を有することを特徴とする請求項１２０乃至１２６のいずれかに記載のビームエキスパンダー。
【請求項１２８】　前記可動要素は、飽和吸水率が０．５％以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項１２０乃至１２７のいずれかに記載のビームエキスパンダー。
【請求項１２９】　前記可動要素は、入射させる光源の発振波長の光に対して、厚さ３mmにおける内部透過率が８５％以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項１２０乃至１２８のいずれかに記載のビームエキスパンダー。
【請求項１３０】　プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項１２０乃至１２４のいずれかに記載のビームエキスパンダー。
【請求項１３１】　少なくとも１面に非球面を有することを特徴とする請求項１２０乃至１２４、１３０のいずれかに記載のビームエキスパンダー。
【請求項１３２】　飽和吸水率が０．５％以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項１２０乃至１２４、１３０、１３１のいずれかに記載のビームエキスパンダー。
【請求項１３３】　入射させる光源の発振波長の光に対して、厚さ３mmにおける内部透過率が８５％以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項１２０乃至１２４、１３０乃至１３２のいずれかに記載のビームエキスパンダー。
【請求項１３４】　請求項８乃至３３、３６乃至６３のいずれかに記載の光ピックアップ装置に適用可能であることを特徴とする請求項１２０乃至１３３のいずれかに記載のビームエキスパンダー。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】本発明は、光ピックアップ装置、対物レンズ及びビームエキスパンダーに関し、特に、球面収差の変動を効果的に補正することが出来る光ピックアップ装置、対物レンズ及びビームエキスパンダ

ーに関する。

【０００２】

【従来の技術】近年、短波長赤色半導体レーザ実用化に伴い、従来の光ディスクすなわち光情報記録媒体であるＣＤ（コンパクトディスク）と同程度の大きさで大容量化させた高密度の光ディスクであるＤＶＤ（デジタルバーサタイルディスク）の開発が進んでいるが、近い将来には、より高密度な次世代の光ディスクも登場することが予想される。このような光ディスクなどを媒体とした光情報記録再生装置の光学系において、記録信号の高密度化を図るため、或いは高密度記録信号を再生するため、対物レンズを介して記録媒体上に集光するスポット径を小さくすることが要求されている。このためには、光源であるレーザの短波長化や対物レンズの高ＮＡ化が図られつつあるという実情がある。

【０００３】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このようにレーザの短波長化や対物レンズの高ＮＡ化が図られてくると、ＣＤやＤＶＤのごとき従来の光ディスクに対して情報の記録又は再生を行うような比較的長波長のレーザと対物レンズの低ＮＡとの組み合わせからなる光ピックアップ装置では、殆ど無視できる問題でも、それがより顕在化される。

【０００４】その１つがレーザー光源の発振波長の微小変動により対物レンズで生じる軸上色収差の問題である。一般の光学レンズ材料の波長の微小変動による屈折率変化は、短波長を取り扱うほど大きくなる。そのため、波長の微小変動により生じる焦点のデフォーカス量は大きくなる。ところが、対物レンズの焦点深度は、$k \cdot \lambda / NA^2$（kは比例定数、λは波長、NAは対物レンズの像側開口数）で表されることからわかるように、使用される光源の発振波長が短いほど焦点深度が小さくなり僅かなデフォーカス量も許されない。従って、青紫色半導体レーザー（発振波長４００ｎｍ程度）のような短波長の光源及び高い像側開口数を有する対物レンズを用いた光学系では、半導体レーザーのモードホップ現象など出力変化による波長変動や、高周波重畳による波面収差の劣化を防ぐために軸上色収差の補正が重要となる。

【０００５】更に、レーザの短波長化と対物レンズの高ＮＡ化の組み合わせにおいて顕在化する別な問題は、温度・湿度変化による光学系の球面収差の変動である。すなわち、光ピックアップ装置において一般的に使用されているプラスチックレンズは、温度や湿度変化を受けて変形しやすく、それにより屈折率が変化する。従来のピックアップ装置に用いられる光学系では問題にならなかった、屈折率変化による球面収差の変動でも、レーザー光源の短波長化と対物レンズの高NA化との組み合わせにおいてはその量が無視できず、スポット径が増大するなどの問題を生じさせることとなる。

【０００６】ところが、情報の記録又は再生に対して、レーザの短波長化と対物レンズの高ＮＡ化の組み合わせを要求する次世代の光ディスクと、従来の光ディスクとは、上述したように光源波長、対物レンズのＮＡが大きく異なる。また、次世代の光ディスクにおいて予想される光軸に対して垂直な面からのディスク表面の傾きに起因して大きく生じるコマ収差を抑制するには、透明基板厚を薄くすることが効果的であるが、それによりＣＤなど従来の光ディスクとは透明基板厚などが大きく異なってしまう。従って、共通の対物レンズを少なくとも用いることにより、コストを大幅に増大させることなく、且つコンパクトな光ピックアップ装置を、次世代の光ディスクを含めた異なる光情報記録媒体に対して、いかに球面収差を抑えて情報の記録又は再生を行うようにするかが問題となる。

【０００７】そこで、本発明は、温度・湿度変化等に起因する対物レンズの球面収差の変動を効果的に補正できる光ピックアップ装置、その対物レンズ及びビームエキスパンダーを提供することを目的とする。

【０００８】また、本発明は、半導体レーザのモードホップや高周波重畳に起因する軸上色収差を効果的に補正できる光ピックアップ装置、その対物レンズ及びビームエキスパンダーを提供することを目的とする。

【０００９】さらに、本発明は、短波長レーザと高ＮＡ対物レンズとを備え、異なる光情報記録媒体に対して情報の記録又は再生を行える光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

【００１０】

【課題を解決するための手段】請求項１に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、前記対物レンズは、少なくとも１枚のプラスチック材料からなるレンズを含み、前記光源と前記対物レンズとの間に、温度－３０℃～＋８５℃、湿度５％～９０％の間の環境変化に対して、前記対物レンズの形状及び屈折率の少なくとも一方の変化および前記光源の発振波長変動により生じる、球面収差の変動を補正する手段を設けたので、光ピックアップ装置が使用される環境の温度や湿度変化に応じて、前記対物レンズに屈折率変化などが生じたような場合でも、或いは光源の発振波長変動が生じたような場合でも、それらに起因する前記対物レンズの球面収差の変動を、効果的に抑制することが出来る。

【００１１】尚、前記光源と前記対物レンズの間とは、前記対物レンズを含めるものとし、従って対物レンズの表面に設けた回折面であっても、本発明の球面収差の変動を補正する手段となり得る。

【００１２】請求項２に記載の光ピックアップ装置は、発振波長λの光源と、前記光源から出射された光束を光

情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、前記光源と前記対物レンズとの間に、球面収差の変動を補正する手段を設け、前記球面収差の変動を補正する手段は、０．２λｒｍｓまでの球面収差を０．０７λｒｍｓ以下に補正可能であるので、例えば光ピックアップ装置が使用される環境の温度や湿度変化および／または光源の発振波長の微小変動によって生じる前記対物レンズの球面収差の変動を、効果的に抑制することができる。

【００１３】請求項３に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段は、０．５λｒｍｓまでの球面収差を０．０７λｒｍｓ以下に補正可能であると好ましい。

【００１４】請求項４に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記対物レンズで発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたので、例えば光ピックアップ装置が使用される環境の温度や湿度変化および／または光源の発振波長の微小変動によって生じる前記対物レンズの球面収差の変動を、効果的に抑制することができる。

【００１５】半導体レーザーの発振波長には±１０ｎｍ程度の個体間のばらつきがあるため、短波長の光源及び高い像側開口数を有する対物レンズを用いた光学系では、基準となる波長からずれた半導体レーザーを用いると装置の性能劣化の要因となり、半導体レーザーの選別が必要になり得る。請求項５に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光源の発振波長の微小変動に起因して前記対物レンズで発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたので、基準となる波長からずれた半導体レーザーを用いたときに生じる前記対物レンズの球面収差の変動を効果的に抑制することができるので、半導体レーザーの選別が不要となる。

【００１６】請求項６に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、前記光源と前記対物レンズとの間に、温湿度変化に起因して前記集光光学系で発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたので、、例えば光ピックアップ装置が使用される環境の温度や湿度変化に応じて生じる前記対物レンズの球面収差の変動を、効果的に抑制することが出来る。

【００１７】請求項７に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光源の発振波長の微小変動及び温湿度変化に起因して前記集光光学系で発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたので、例えば光ピックアップ装置が使用される環境の温度や湿度変化に応じて、及び前記光源として基準波長からずれた半導体レーザーを用いた場合に生じる前記対物レンズの球面収差の変動を、効果的に抑制することができる。

【００１８】請求項８に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、少なくとも１枚の正レンズと少なくとも１枚の負レンズとを含み、少なくともその一方は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする。また、請求項９に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、１枚の正レンズを含み正の屈折力を有する正レンズ群と、１枚の負レンズを含み負の屈折力を有する負レンズ群とを有し、少なくともその一方のレンズ群は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする。

【００１９】短波長の光源に用いた光ピックアップ装置では、前述したように、光源の波長変動や温湿度変化等による球面収差の変動が大きい。特に高い像側開口数（高ＮＡ）の対物レンズやプラスチック材料からなる対物レンズを用いると変動は増長される。従って、短波長の光源を用いた光ピックアップ装置では、特にこれらの球面収差の変動を補正する手段を設けることが必要となる。光源の発振波長の微小変動や温湿度変化等に起因して、前記対物レンズの球面収差が変動した場合は、前記球面収差の変動を補正する手段の可動要素を適切な量だけ動かして、対物レンズに入射する光束の発散度を情報記録面上に形成された波面の球面収差が最小となるように変えることで、球面収差の変動を補正することができる。

【００２０】請求項１０、１１に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、次式を満たすことを特徴とする。

$$\nu dP > \nu dN \quad (1)$$

ただし、

νｄＰ：前記正レンズを含む全正レンズのｄ線のアッベ

数の平均
νｄＮ：前記負レンズを含む全負レンズのｄ線のアッベ数の平均
【００２１】上式（１）は、軸上色収差の補正に関する。前記光源の発振波長の微小変動や温湿度変化等に起因して、前記対物レンズの球面収差が変動した場合において、これを補正する手段を、例えば光軸方向に変移可能な光学要素を用いて構成したときは、かかる光学素子を適切な量だけ動かして、前記対物レンズに入射する光束の発散度を対物レンズの球面収差が最小となるように変えることができる。短波長の光源を用いることで問題となる前記対物レンズの軸上色収差については、前記球面収差の変動を補正する手段を以下に述べるような構成にすることにより、補正できる。
【００２２】前記球面収差の変動を補正する手段における正レンズと負レンズの材料を、上式（１）を満たすように選ぶことで、前記対物レンズで発生する色収差とは逆極性の色収差を発生させることができる。従って、軸上色収差が打ち消しあうので、前記球面収差の変動を補正する手段と前記対物レンズとを透過して、光情報記録媒体上に焦点を結んだときの波面は、軸上色収差が小さく抑えられた状態となる。回折面を前記対物レンズおよび／または前記球面収差の変動を補正する手段に付加し、長波長側で対物レンズのバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすれば、収差をより良好に補正することが可能となる。この場合、軸上色収差補正の役割を、前記球面収差の変動を補正する手段と前記回折面とに分担できるので、前記球面収差の変動を補正する手段を、例えば光軸方向に変移可能な光学要素を用いて構成したときは、かかる光学要素のストロークが小さくてすむ。
【００２３】更に、軸上色収差補正の役割を、前記球面収差の変動を補正する手段と回折面とに分担することで回折面のパワーを小さくすることもでき、それにより回折輪帯の間隔が大きくなって、回折効率の高い回折レンズが製造しやすくなる。従って、前記球面収差の変動を補正する手段と、軸上色収差を補正するための手段を別々に設けることなく、波長変動や温湿度変化等が生じた場合でも光学系全体の球面収差、及び軸上色収差が良好に補正されたコンパクトな光ピックアップ装置を得ることができる。
【００２４】請求項１２、１３に記載の光ピックアップ装置は、前記νｄＰと前記νｄＮが次式を満たすことを特徴とする。

$$\nu dP > 55 \quad (2)$$

$$\nu dN < 35 \quad (3)$$

【００２５】上式（２）、（３）を満たすように、前記正レンズと前記負レンズのアッベ数の差が大きくすれば、前記対物レンズと逆極性の色収差をより大きく発生させることができるので、より良好に光ピックアップ光学系の軸上色収差を補正することができる。
【００２６】請求項１４に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式が成立することを特徴とし、請求項１５に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、次式が成立することを特徴とする。

$$\Delta d \cdot |fP/fN| / \Delta \nu d \leqq 0.05 \quad (4)$$

ただし、
Δｄ：情報の記録又は再生が可能な任意の１つの光情報記録媒体の１つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記可動要素の移動量（ｍｍ）
ｆＰ：前記正レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）
ｆＮ：前記負レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）
Δνｄ：前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッベ数の最大値と負レンズのアッベ数の最小値との差
【００２７】上式（４）は、対物レンズの軸上色収差の補正量と、球面収差の変動を補正する手段の近軸パワー及び、球面収差の変動を補正する手段の可動要素の移動量のバランスに関する。ここで、たとえΔνｄの値が小さくても、｜ｆＰ／ｆＮ｜の値を大きくすれば、対物レンズの軸上色収差を良好に補正でき、かつ光源の波長変動あるいは温湿度変化に起因する対物レンズの球面収差の変動を補正する手段を、光軸方向に変位可能な光学要素を用いて構成した場合には、かかる光学要素のストロークを小さく抑えることが出来るが、前記正レンズ群の有効径が大きくなりすぎたり、あるいは前記負レンズ群の有効径が小さくなりすぎる恐れがある。逆に、Δνｄの値を大きくすれば、たとえ｜ｆＰ／ｆＮ｜の値が小さくても、対物レンズの軸上色収差を良好に補正することができるが、球面収差の補正に必要な、球面収差の変動を補正する手段の可動要素の移動量が大きくなってしまうので、光学系のサイズが大きくなってしまう恐れがある。そこで、Δｄ・｜ｆＰ／ｆＮ｜／Δνｄの値を上式（５）を満たすようにすることで、これらのバランスを図ることが出来る。
【００２８】請求項１６、１７に記載の光ピックアップ装置は、少なくとも２種類の光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、前記球面収差の変動を補正する手段が、透明基板厚が互いに異なる少なくとも２種類の光情報記録媒体に対して、それぞ

れの透明基板厚に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えるので、透明基板厚の違いによる球面収差の差を補正し、かつそれぞれの光情報記録媒体に対する記録または再生を行う際に生じる球面収差の変動を良好に補正するので、常に情報記録面上に良好な波面を形成することができる。

【００２９】請求項１８、１９に記載の光ピックアップ装置は、光情報記録媒体の表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、前記球面収差の変動を補正する手段が、それぞれの情報記録層にそれぞれ集光させる際にその情報記録層に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えるので、情報記録面までの厚さの違いによる球面収差の差を補正し、かつそれぞれの情報記録面に対する記録または再生を行う際に生じる球面収差の変動を良好に補正するので、それぞれの情報記録面ごとにそれぞれ、情報記録面上に良好な波面を形成することができる。このように、光情報記録媒体の片側面に２層あるいはそれ以上の情報記録層を有する光情報記録媒体に対しても良好に情報の記録又は再生が可能である。例えば、対物レンズを光軸方向に移動させることで、所望の１つの情報記録面に合焦で

$$|fP/fN| \geqq 1.3$$

ただし、

ｆＰ：前記正レンズ群の焦点距離（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

ｆＮ：前記負レンズ群の焦点距離（ただし、前記負レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

【００３２】上式（５）は、前記球面収差の変動を補正する手段の近軸パワーの関係に関する。前記対物レンズがある特定の厚みを持つ透明基板の組み合わせの元に収差が最小となるように補正されている場合、透明基板の厚みが変化したときには、前記球面収差の変動を補正する手段中の可動要素を動かすことで、その厚みに対して対物レンズの球面収差が最小となるような発散度を有する光束を対物レンズに入射させなければならない。そこで、上式（５）を満たすように、前記球面収差の変動を補正する手段の近軸パワーを選ぶことで、前記可動要素のストロークが小さくてすむので、全体的にコンパクトな光学系を得ることができる。

【００３３】請求項２４に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、前記球面収差の変動に応じて前記可動要素を光軸に沿って変移させる変移装置を有することを特徴とする。

【００３４】請求項２５に記載の光ピックアップ装置は、前記可動要素が、比重２．０以下の材料から形成されていることを特徴とする。これにより、可動要素の変移装置への負担を軽減できる。

き、この際に、情報記録面までの厚さの違いによって変動する球面収差は主に３次の球面収差であるので、前記球面収差の変動を補正する手段の可動要素を光軸方向に沿って変移させることで、球面収差の変動を良好に補正することができる。従って、光情報記録媒体に片側の面に２倍、あるいはそれ以上の情報の記録又は再生を行うことができる。

【００３０】請求項２０、２１に記載の光ピックアップ装置は、前記２種類の光情報記録媒体の透明基板厚をそれぞれａ、ｂ（ａ＜ｂ）としたとき、前記透明基板厚ａの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際には、前記透明基板厚ｂの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際よりも前記負レンズと前記正レンズの間隔を増加させることを特徴とする。

【００３１】請求項２２に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式を満たすことを特徴とし、請求項２３に記載の光ピックアップ装置は、次式を満たすことを特徴とする。

（５）

【００３５】請求項２６に記載の光ピックアップ装置は、前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする。特に、球面収差補正手段の可動要素をプラスチック材料から形成することで、変移装置への負担を軽減することができ、また高速な追従が可能となる。更に、回折面や非球面を設ける構成要素をプラスチック材料から形成すれば、それらを容易に付加できる。

【００３６】請求項２７に記載の光ピックアップ装置は、前記可動要素がプラスチック材料から形成されていることを特徴とする。これにより、光学系の軽量化が達成できるので可動要素の変移装置への負担を軽減できる。また、回折構造を付加し易くなる。

【００３７】請求項２８に記載の光ピックアップ装置は、前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、少なくとも一方の面に非球面を有することを特徴とし、請求項２９に記載の光ピックアップ装置は、前記可動要素の少なくとも１面に非球面を有することを特徴とする。この非球面を有することにより、球面収差の変動を補正する手段は、その非球面の収差補正作用によって性能の良い光学系を得ることができる。特に、可動要素に非球面を設けることで、偏芯時の波面収差の劣化を防ぐことができる。

【００３８】請求項３０に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、飽和吸水率が０．５％以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【００３９】請求項３１に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、前記光源の発振波長の光に対して、厚さ３mmにおける内部透過率が８５％以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【００４０】請求項３２に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段は、前記１枚の正レンズと前記１枚の負レンズとから構成されたことを特徴とする。

【００４１】請求項３３に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を含むので、かかる回折面を用いて軸上色収差を効果的に補正できるので、新たに軸上色収差回補正用の光学素子などを設ける必要がなく、低コスト及び省スペースを図れる。尚、回折面を備えた光学素子には、前記レンズ群中の一つのレンズを含み、従って、前記正レンズ群又は前記負レンズの一方であることを含む。また、それらレンズ以外に別に設けられた光学素子であることも含む。

【００４２】請求項３４に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、屈折率分布変化が可能な素子を有することを特徴とする。かかる素子としては、図２４、２５を参照して後述する液晶を用いた素子ＳＥのようなものがあるがこれに限られない。

【００４３】請求項３５に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記対物レンズで発生する球面収差の変動と前記対物レンズで発生する軸上色収差とを補正する手段を設けたので、前記光源としての例えば半導体レーザーの発振波長が微少変動した場合に生じる前記対物レンズの球面収差の変動を、効果的に抑制することができる。又、環境温度や湿度変化に応じて、前記対物レンズに屈折率変化が生じたような場合でも、それに起因する前記対物レンズの球面収差の変動を、効果的に抑制することが出来る。更に、前記対物レンズで発生する軸上色収差を効果的に補正できるため、球面収差補正手段や対物レンズのフォーカシングが追従できないような瞬間的な発振波長のとび（モードホップ）が起こっても常に情報記録面上に良好な波面を形成することができる。

【００４４】請求項３６に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、少なくとも１枚の正レンズと少なくとも１枚の負レンズとを含み、少なくともその一方は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする。また、請求項３７に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、１枚の正レンズを含み正の屈折力を有する正レンズ群と、１枚の負レンズを含み負の屈折力を有する負レンズ群とを有し、少なくともその一方のレンズ群は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする。

【００４５】短波長の光源に用いた光ピックアップ装置では、前述したように、光源の波長変動や温湿度変化等による球面収差の変動が大きい。特に高い像側開口数（高ＮＡ）の対物レンズやプラスチック材料からなる対物レンズを用いると変動は増長される。従って、短波長の光源を用いた光ピックアップ装置では、特にこれらの球面収差の変動を補正する手段を設けることが必要となる。光源の発振波長の微小変動や温湿度変化等に起因して、前記対物レンズの球面収差が変動した場合は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の可動要素を適切な量だけ動かして、対物レンズに入射する光束の発散度を情報記録面上に形成された波面の球面収差が最小となるように変えることで、球面収差の変動を補正することができる。

【００４６】請求項３８、３９に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、上式（１）を満たすことを特徴とする。

【００４７】上式（１）は、軸上色収差の補正に関する。前記光源の発振波長の微小変動や温湿度変化等に起因して、前記対物レンズの球面収差が変動した場合において、これを補正する手段を、例えば光軸方向に変移可能な光学要素を用いて構成したときは、かかる光学素子を適切な量だけ動かして、前記対物レンズに入射する光束の発散度を対物レンズの球面収差が最小となるように変えることができる。短波長の光源を用いることで問題となる前記対物レンズの軸上色収差については、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を以下に述べるような構成にすることにより、補正できる。

【００４８】前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段における正レンズと負レンズの材料を、上式（１）を満たすように選ぶことで、前記対物レンズで発生する色収差とは逆極性の色収差を発生させることができる。従って、軸上色収差が打ち消しあうので、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段と前記対物レンズとを透過して、光情報記録媒体上に焦点を結んだときの波面は、軸上色収差が小さく抑えられた状態となる。回折面を前記対物レンズおよび／または前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段に付加し、長波長側で対物レンズのバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすれば、収差をより良好に補正することが可能となる。この場合、軸上色収差補正の役割を、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段と前記回折面とに分担できるので、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、例えば光軸方向に変移可能な光学要素を用いて構成したときは、かかる光学要素のストロークが小さくてすむ。

31

【００４９】更に、軸上色収差補正の役割を、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段と回折面とに分担することで回折面のパワーを小さくすることもでき、それにより回折輪帯の間隔が大きくなって、回折効率の高い回折レンズが製造しやすくなる。従って、前記球面収差の変動を補正するのための手段と、軸上色収差を補正するための手段を別々に設けることなく、波長変動や温湿度変化等が生じた場合でも光学系全体の球面収差、及び軸上色収差が良好に補正されたコンパクトな光ピックアップ装置を得ることができる。

【００５０】請求項４０、４１に記載の光ピックアップ装置は、前記νｄＰと前記νｄＮが上式（２）、（３）を満たすことを特徴とする。

【００５１】上式（２）、（３）を満たすように、前記正レンズと前記負レンズのアッベ数の差が大きくすれば、前記対物レンズと逆極性の色収差をより大きく発生させることができるので、より良好に光ピックアップ光学系の軸上色収差を補正することができる。

【００５２】請求項４２に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、上式（４）が成立することを特徴とし、請求項４３に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、上式（４）が成立することを特徴とする。

【００５３】上式（４）は、対物レンズの軸上色収差の補正量と、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補

$$\Delta d \cdot |fP/fN| \leqq 0.50 \qquad (6)$$

ただし、

Δｄ：情報の記録又は再生が可能な任意の１つの光情報記録媒体の１つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記可動要素の移動量（ｍｍ）

ｆＰ：前記正レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

ｆＮ：前記負レンズ群の焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

Δνｄ：前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッベ数の最大値と負レンズのアッベ数の最小値との差

【００５５】上式（６）は、対物レンズの軸上色収差の補正量と、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の近軸パワー及び、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の可動要素の移動量のバランスに関する。前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の屈折レンズとしての屈折パワーと、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段に付加する回折面の回折パワーを適切に組み合わせるこ

32

正する手段の近軸パワー及び、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の可動要素の移動量のバランスに関する。ここで、たとえΔνｄの値が小さくても、｜ｆＰ／ｆＮ｜の値を大きくすれば、対物レンズの軸上色収差を良好に補正でき、かつ光源の波長変動あるいは温湿度変化に起因する対物レンズの球面収差の変動を補正できる前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、光軸方向に変位可能な光学要素を用いて構成した場合には、かかる光学要素のストロークを小さく抑えることが出来るが、前記正レンズ群の有効径が大きくなりすぎたり、あるいは前記負レンズ群の有効径が小さくなりすぎる恐れがある。逆に、Δνｄの値を大きくすれば、たとえ｜ｆＰ／ｆＮ｜の値が小さくても、対物レンズの軸上色収差を良好に補正することができるが、球面収差の補正に必要な、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の可動要素の移動量が大きくなってしまうので、光学系のサイズが大きくなってしまう恐れがある。そこで、Δｄ・｜ｆＰ／ｆＮ｜／Δνｄの値を上式（５）を満たすようにすることで、これらのバランスを図ることが出来る。

【００５４】請求項４４に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式が成立することを特徴とし、請求項４５に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、次式が成立することを特徴とする。

とで、対物レンズの軸上色収差を補正することが出来る。この時、例えば前記光源の発振波長の変動あるいは温湿度変化に起因する対物レンズの球面収差の変動をも補正する前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、光軸方向に変移可能な光学要素を用いて構成した場合には、かかる光学要素のストロークが大きすぎると、球面収差を良好に補正することが出来ないという問題が生じる。そこで、上式（６）において、Δｄ・｜ｆＰ／ｆＮ｜の値を０．５０以下にすることで、前記対物レンズの軸上色収差の補正と球面収差の補正のバランスを良好に維持することが出来る。

【００５６】請求項４６、４７に記載の光ピックアップ装置は、少なくとも２種類の光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、透明基板厚が互いに異なる少なくとも２種類の光情報記録媒体に対して、それぞれの透明基板厚に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えるので、透明基板厚の違いによる球面収差の差を補正し、かつそれぞれの光情報記録媒体に対する記録または再生を行う際に生じる球面収差の変動を良好に補正するので、常に情報記録

面上に良好な波面を形成することができる。

【００５７】請求項４８、４９に記載の光ピックアップ装置は、光情報記録媒体の表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、それぞれの情報記録層にそれぞれ集光させる際にその情報記録層に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えるので、情報記録面までの厚さの違いによる球面収差の差を補正し、かつそれぞれの情報記録面に対する記録または再生を行う際に生じる球面収差の変動を良好に補正するので、それぞれの情報記録面ごとにそれぞれ、情報記録面上に良好な波面を形成することができる。このように、光情報記録媒体の片側面に２層あるいはそれ以上の情報記録層を有する光情報記録媒体に対しても良好に情報の記録又は再生が可能である。例えば、対物レンズを光軸方向に移動させることで、所望の１つの情報記録面に合焦でき、この際に、情報記録面までの厚さの違いによって変動する球面収差は主に３次の球面収差であるので、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の可動要素を光軸方向に沿って変移させることで、球面収差の変動を良好に補正することができる。従って、光情報記録媒体に片側の面に２倍、あるいはそれ以上の情報の記録又は再生を行うことができる。

【００５８】請求項５０、５１に記載の光ピックアップ装置は、前記２種類の光情報記録媒体の透明基板厚をそれぞれａ、ｂ（ａ＜ｂ）としたとき、前記透明基板厚ａの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際には、前記透明基板厚ｂの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際よりも前記負レンズと前記正レンズの間隔を増加させることを特徴とする。

【００５９】請求項５２に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、上式（５）を満たすことを特徴とし、請求項５３に記載の光ピックアップ装置は、上式（５）を満たすことを特徴とする。

【００６０】上式（５）は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の近軸パワーの関係に関する。前記対物レンズがある特定の厚みを持つ透明基板の組み合わせの元に収差が最小となるように補正されている場合、透明基板の厚みが変化したときには、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段中の可動要素を動かすことで、その厚みに対して対物レンズの球面収差が最小となるような発散度を有する光束を対物レンズに入射させなければならない。そこで、上式（５）を満たすように、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の近軸パワーを選ぶことで、前記可動要素のストロークが小さくてすむので、全体的にコンパクトな光学系を得ることができる。

【００６１】請求項５４に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、前記球面収差の変動に応じて前記可動要素を光軸に沿って変移させる変移装置を有することを特徴とする。

【００６２】請求項５５に記載の光ピックアップ装置は、前記可動要素が、比重２．０以下の材料から形成されていることを特徴とする。これにより、可動要素の変移装置への負担を軽減できる。

【００６３】請求項５６に記載の光ピックアップ装置は、前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする。特に、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の可動要素をプラスチック材料から形成することで、変移装置への負担を軽減することができ、また高速な追従が可能となる。更に、回折面や非球面を設ける構成要素をプラスチック材料から形成すれば、それらを容易に付加できる。

【００６４】請求項５７に記載の光ピックアップ装置は、前記可動要素がプラスチック材料から形成されていることを特徴とする。これにより、光学系の軽量化が達成できるので可動要素の変移装置への負担を軽減できる。また、回折構造を付加し易くなる。

【００６５】請求項５８に記載の光ピックアップ装置は、前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、少なくとも一方の面に非球面を有することを特徴とし、請求項５９に記載の光ピックアップ装置は、前記可動要素の少なくとも１面に非球面を有することを特徴とする。この非球面を有することにより、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、その非球面の収差補正作用によって性能の良い光学系を得ることができる。特に、可動要素に非球面を設けることで、偏芯時の波面収差の劣化を防ぐことができる。

【００６６】請求項６０に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、飽和吸水率が０．５％以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【００６７】請求項６１に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、前記光源の発振波長の光に対して、厚さ３ｍｍにおける内部透過率が８５％以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【００６８】請求項６２に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、前記１枚の正レンズと前記１枚の負レンズとから構成されたことを特徴とする。

【００６９】請求項６３に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する

手段は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を含むと、光学素子の回折面を用いて軸上色収差を効果的に補正できるので、新たに軸上色収差回補正用の光学素子を設ける必要がなく、低コスト及び省スペースを図れる。尚、回折面を備えた光学素子には、前記レンズ群中の一つのレンズを含み、従って、前記正レンズ群又は前記負レンズの一方であることを含む。また、それらレンズ以外に別に設けられた光学素子であることも含む。

【００７０】請求項６４に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、屈折率分布変化が可能な素子を有することを特徴とする。

【００７１】請求項６５に記載の光ピックアップ装置

$$5.0 \leqq fD/f \leqq 40.0 \quad (7)$$

ただし、

ｆＤ：前記対物レンズの前記回折構造を$\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 + \cdots\cdots$により定義される光路差関数で表した（ここで、ｈは光軸からの高さ（ｍｍ）であり、b_2、b_4、b_6、……は２次、４次、６次、……の光路差関数係数である）とき、$fD = 1/(-2 \cdot b_2)$により定義される、前記対物レンズの前記回折構造のみによる前記光源の発振波長における焦点距離

ｆ：前記対物レンズの屈折パワーと前記対物レンズの前記回折構造による回折パワーとを合わせた前記対物レンズ全体の前記光源の発振波長における焦点距離

【００７５】請求項６８に記載の光ピックアップ装置は、集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を良好に補正可能な光ピックアップ装置に用いられる対物レンズの軸上色収差の補正に関する。発振波長４００ｎｍ程度の短波長レーザー光源及びＮＡ０．８５程度の高い像側開口数を有する対物レンズを用いる場合、前述の理由から、対物レンズで発生する軸上色収差の補正は重要な問題となり得る。この問題は、上式（７）を満たす焦点距離を有する回折構造を対物レンズに設けることにより解決される。この回折構造は、レーザー光源の発振波長が長波長側に変動した際に、バックフォーカスが短くなる方向に変化するような波長特性を有するので、屈折レンズとしての屈折パワーと、回折レンズとしての回折パワーとを上式（７）を満たすように適切に選ぶことで、対物レンズで発生する軸上色収差を補正することができる。ｆＤ／ｆの値が上式（７）の下限以上で対物レンズの軸上色収差が補正過剰になり過ぎず、上限以下で対物レンズの軸上色収差が補正不足になり過ぎないようすることができる。また、対物レンズの軸上色収差を過剰補正にしておけば、集光光学系に含まれる各光学素子で発生する軸上色収差を対物レンズで丁度キャンセルすることが可能となり、好ましい。

【００７６】請求項６９に記載の光ピックアップ装置は、前記回折構造は、その回折構造によって発生する回折光のうち、他のいずれの次数の回折光の回折光量よりも大きい回折光量のｎ次回折光（ここで、ｎは、－１、０及び＋１以外の整数）を発生するよう構成されており、前記光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生のために、前記ｎ次回折光を前記光情報記録媒体の情報記録面に集光可能であることを特徴とする。

【００７７】請求項６９に記載の光ピックアップ装置は、特に、光情報記録媒体に対して情報の記録又は再生を、回折構造で発生する２次以上の高次回折光を使用して行う光ピックアップ装置に用いられる光学系に関する。前記ｎ次の回折光を使用する場合、＋１次又は－１次の回折光を使用する場合に比べ、回折構造の輪帯間隔（輪帯ピッチ）を約ｎ倍、輪帯数を約１／ｎ倍とすることができるので、回折構造を付加するためのレンズ成形用金型を製造し易く、その金型の加工時間を短縮することができ、また、加工・製造誤差による回折効率の低下を防ぐことができる。

【００７８】請求項７０に記載の光ピックアップ装置は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有するとともに、前記球面収差の変動を補正する手段が、前記正レンズを含む全正レンズのそれぞれのアッベ数が７０．０以下、あるいは、前記負レンズを含む全負レンズのそれぞれのアッベ数が４０．０以上であることを特徴とし、請求項７１に記載の光ピックアップ装置は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有するとともに、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、前記正レンズを含む全正レンズのそれぞれのアッベ数が７０．０以下、あるいは、前記負レンズを含む全負レンズのそれぞれのアッベ数が４０．０以上であることを特徴とする。

【００７９】請求項７０に記載の光ピックアップ装置は、対物レンズで発生する軸上色収差を補正することができる前記球面収差の変動を補正する手段の好ましい構成に関し、請求項７１に記載の光ピックアップ装置は、対物レンズで発生する軸上色収差を補正することができ

る前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の好ましい構成に関する。前記球面収差の変動を補正する手段又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を構成する正レンズのアッベ数が７０．０以下あるいは負レンズのアッベ数が４０．０以上である場合、対物レンズで発生する軸上色収差は補正不足になりがちとなる。この際、光源の発振波長が長波長側に微小変動したときに対物レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有する回折構造をもった回折面を、前記球面収差の変動を補正する手段又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の構成要素の少なくとも１面に設けることにより、対物レンズの軸上色収差を良好に補正することができる。さらに、この回折面に、光源の発振波長が長波長側に微小変動したときに対物レンズの球面収差が補正不足になるような球面収差特性を持たせることにより、光源の発振波長が長波

Ｐ２＜Ｐ１＜Ｐ３

【００８１】これにより、前記球面収差の変動を補正する手段又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段に、対物レンズやカップリングレンズ等の光学素子で発生する軸上色収差を補正する役割を持たせることができる。すなわち、回折構造により前記球面収差の変動を補正する手段自体又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段自体では、軸上色収差を過剰に補正し、対物レンズやカップリングレンズ等の光学素子で発生する軸上色収差とは逆の極性の軸上色収差を発生させることによって、対物レンズやカップリングレンズ等の光学素子で発生する軸上色収差を補正することができる。

【００８２】請求項７４に記載の光ピックアップ装置は、前記回折面が、前記光源の発振波長の微小変動に対して、前記対物レンズで発生する軸上色収差を抑制する機能を有することを特徴とする。

【００８３】請求項７５に記載の光ピックアップ装置は、前記回折面が、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有することを特徴とする。これにより、対物レンズの軸上色収差を良好に補正することができる。特に、カップリングレンズおよび／または対物レンズに回折面を設けることにより対物レンズで発生する軸上色収差を補正することで、モードホップのような、球面収差変動手段や対物レンズのフォーカシングが追従できない瞬間的な波長変化が起きた場合でもスポット径が増大せず安定な情報の記録または再生が可能となる。

【００８４】請求項７６に記載の光ピックアップ装置は、前記回折面が、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズの球面収差が補正不足となるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする。これにより、光源の発振波長が長波長側に微小変動したときの球面収差をも補正することができる。また、正レンズのアッベ数が７０．０以下であると、強度において優れ、製造もし易く、耐環境性にも良い。一方、負レンズのアッベ数が４０．０以上であると、短波長の光に対する透過性に優れる。正レンズおよび負レンズともアッベ数が４０．０以上７０．０以下であることが好ましい。

【００８０】請求項７２に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、請求項７３に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段がそれぞれ、前記光源の発振波長における近軸パワーをＰ１とし、前記発振波長より１０ｎｍ短い波長における近軸パワーをＰ２とし、前記発振波長より１０ｎｍ長い波長における近軸パワーをＰ３としたとき、次式を満足することを特徴とする。

（８）

に微小変動した際の球面収差を良好に補正することができる。

【００８５】請求項７７に記載の光ピックアップ装置は、前記光源が、発振波長λ１の光源と発振波長λ２（λ１＜λ２）の光源との少なくとも２つの光源を有し、前記集光光学系が、前記発振波長λ１の光源からの第１の光束を、透明基板厚ｔ１の第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差０．０７λ１ｒｍｓ以下の状態で集光でき、前記発振波長λ２の光源から出射された第２の光束を、透明基板厚ｔ２（ｔ１≦ｔ２）の第２の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差０．０７λ２ｒｍｓ以下の状態で集光できることを特徴とする。

【００８６】例えば、青紫色半導体レーザなど短波長の光源を用いて、異なる透明基板厚の光情報記録媒体に対して情報の記録又は再生を行おうとする場合、一方の光情報記録媒体に対して、対物レンズの球面収差補正が最適となるように設計すると、他方の光情報記録媒体に対しては、情報の記録又は再生時に球面収差が大きく発生することとなる。より具体的には、対物レンズと透明基板厚ｔ１の光情報記録媒体の組み合わせが無限平行光束の入射に対し球面収差が最小となるように補正されている場合、ｔ２（＞ｔ１）の透明基板厚をもつ光情報記録媒体を記録又は再生しようとすると、対物レンズで補正過剰の球面収差が発生する。逆にｔ２’（＜ｔ１）の透明基板厚をもつ光情報記録媒体を記録又は再生しようとすると、対物レンズで補正不足の球面収差が発生する。

【００８７】これに対し、例えば対物レンズに回折面を付加し、異なる波長の光束が、透明基板厚が異なる光情報記録媒体に対し、それぞれ良好な波面を形成するような波長依存性を有する回折レンズとすることで、良好に

透明基板厚が異なる時の球面収差を補正できる。請求項７７に記載の光ピックアップ装置にあるように、短波長の回折光が透明基板厚の小さい光情報記録媒体に対して良好な波面を形成し、長波長の回折光が透明基板厚の大きい光情報記録媒体に対して良好な波面を形成するようにすると良い。

【００８８】より具体的には、前記回折面が、前記光源の波長が長波長側に微小変動した際に前記対物レンズの球面収差が補正不足になるような球面収差特性を有することが好ましい。更に、光束の発散角度を変更する発散角度変更手段を設けて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を、球面収差が最小となる物体距離に対応した発散度に変更することで、前記対物レンズの球面収差をより良好に補正することができる。特に、ｔ２の透明基板厚をもつ光情報記録媒体に対する球面収差最小時の光束が発散光であれば、ワーキングディスタンスの確保が容易となる。透明基板厚が異なる時の球面収差劣化の補正の役割を上記発散度変更手段と回折面とに分担できるので、発散度変更手段の可動部の移動量が小さくてすむ。また、球面収差補正の役割を上記発散度変更手段手段と回折面とで分担することで回折面のパワーを小さくすることができ、回折輪帯の間隔が大きくなって、回折効率の高い回折レンズが製造しやすくなる。なお、上記の説明では、対物レンズは透明基板厚ｔ１との組み合わせにおいて、無限遠光束に対して球面収差が最小となるように補正されているとしたが、有限距離からの発散光束あるいは、像側物体に向かう収斂光束に対して球面収差が最小になるように補正されたもののどちらでもよく、上記と同様な方法により透明基板厚が異なる時の球面収差を補正できることは言うまでもない。

【００８９】請求項７８に記載の光ピックアップ装置は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有することを特徴とする。

【００９０】請求項７９に記載の光ピックアップ装置は、前記光学素子の前記回折面が、前記発振波長λ１の光源から出射された前記第１の光束を、透明基板厚ｔ１の第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差０．０７λ１ｒｍｓ以下の状態で集光でき、前記発振波長λ２（λ１＜λ２）の光源から出射された前記第２の光束を、透明基板厚ｔ２（ｔ１≦ｔ２）の第２の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差０．０７λ２ｒｍｓ以下の状態で集光できるような波長特性を有することを特徴とする。具体的には、透明基板厚の違いにより発生する球面収差

$$0.5 \leqq (f1/\nu d) \cdot fD1 \leqq 10.0 \qquad (9)$$

ただし、

ｆ１：前記対物レンズの屈折パワーと前記対物レンズの前記回折構造による回折パワーとを合わせた前記対物レンズ全体の前記発振波長λ１における焦点距離（ｍｍ）

νｄ：前記対物レンズのｄ線のアッベ数

ｆＤ１：前記対物レンズの前記回折構造を$\Phi b = b_2 h^2$を、それぞれの光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行うのに使用する２つの光源の発振波長の差と、前記回折面に設けた回折構造の作用とを利用して補正する。

【００９１】請求項８０に記載の光ピックアップ装置は、前記第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長λ１の光源から出射された前記第１の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数をＮＡ１とし、前記第２の情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長λ２の光源から出射された前記第２の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数をＮＡ２（ＮＡ１＞ＮＡ２）としたとき、前記光学素子の前記回折面は、前記発振波長λ２の光源から出射された前記第２の光束を、前記第２の光情報記録媒体の情報記録面に対して前記ＮＡ１内で波面収差０．０７λ２ｒｍｓ以上の状態で集光させることを特徴とする。

【００９２】特に、請求項８０に記載のように、発振波長λ１と透明基板厚ｔ１と像側開口数ＮＡ１との組み合わせに対して球面収差が良好に補正されている状態とし、発振波長λ２と透明基板厚さｔ２と像側開口数ＮＡ２との組み合わせに対して必要な像側開口数ＮＡ２の範囲までの球面収差を前記回折構造の作用によって補正し、像側開口数ＮＡ２からＮＡ１までの範囲は球面収差を大きくしておく（フレア成分として大きく発生させておく）ことが好ましい。これにより、発振波長λ２の第２の光束を、発振波長λ１と対物レンズの像側開口数ＮＡ１で決まる絞り内の全てを通過するように入射させた際、像側開口数ＮＡ２以上の光束はスポットの結像に寄与せず、透明基板厚ｔ１の第１の光情報記録媒体に対して情報記録面上でスポット径が小さくなりすぎないので、光ピックアップ装置の受光手段での誤信号の発生や不要信号の検出を防ぐことができ、さらにそれぞれの光源の発振波長とそれに対応する像側開口数との組み合わせに応じて、絞りを切り替えるための手段等を設ける必要がなくなるので簡易な光ピックアップ装置を得ることができる。特に、前記発振波長λ２の光源から出射された前記第２の光束を、前記第２の光情報記録媒体の情報記録面に対して前記ＮＡ１内で波面収差０．２λ２ｒｍｓ以上の状態で集光させることがより好ましい。

【００９３】請求項８１に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが前記光学素子（輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子）であることを特徴とする。請求項８２に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、少なくとも１面が非球面の単玉対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする。

41

＋b_4h^4＋b_6h^6＋……により定義される光路差関数で表した（ここで、ｈは光軸からの高さ（ｍｍ）であり、b_2、b_4、b_6、……は２次、４次、６次、……の光路差関数係数である）とき、ｆＤ＝１／（－２・b_2）により定義される、前記対物レンズの前記回折構

$$-25.0 \leqq (b_2/\lambda 1) \leqq 0.0 \quad (10)$$

ただし、

b_2：前記対物レンズの前記回折構造を$\Phi b = b_2h^2 + b_4h^4 + b_6h^6$＋……により定義される光路差関数で表した（ここで、ｈは光軸からの高さ（ｍｍ）であり、b_2、b_4、b_6、……は２次、４次、６次、……の光路差関数係数である）ときのその２次の光路差関数係数

λ１：前記発振波長λ１（ｍｍ）

【００９５】請求項８２、８３に記載の光ピックアップ装置は、透明基板厚の異なる複数の光情報記録媒体に対して、対物レンズで発生する軸上色収差、及び集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を良好に補正可能な光ピックアップ装置に関し、特に、波長の異なる複数の光源の光束に対し同一の次数の回折光を利用する光ピックアップ装置において、回折構造を対物レンズに設け、その回折構造の作用によりその同一次数の回折光の軸上色収差をそれぞれ補正する場合に関する。

【００９６】短波長光源（発振波長５００ｎｍ程度以下）および従来の像側開口数（例えば、ＣＤではＮＡ０．４５程度、ＤＶＤではＮＡ０．６程度）よりも高い像側開口数を有する対物レンズを用いる場合には、コマ収差の発生を小さく抑えるために、光情報記録媒体の透明基板厚を０．２ｍｍ以下と小さくすることが特に有効であるが、上式（９）を満たすことにより、短波長光源および従来の長波長光源の両光束に対して軸上色収差が補正過剰になり過ぎたり、補正不足になり過ぎたりせず、バランスよく補正することができ、透明基板厚の異なる複数の光情報記録媒体に対して、それぞれの情報記録面にそれぞれ良好なスポットを形成するような波長特性をもつ回折構造を対物レンズに設けることにより、従来の透明基板厚（例えば、ＣＤでは１．２ｍｍ、ＤＶＤでは０．６ｍｍ）の大きい光情報記録媒体に対しても単一の光ピックアップ装置（少なくとも、対物レンズ及びその駆動機構を共用する光ピックアップ装置）で、情報の記録又は再生を行うことが可能となる。上式（９）において左辺の下限以上で、６００ｎｍ～８００ｎｍの長波長光源の光束に対して軸上色収差が補正過剰になり過ぎず、右辺の上限以下で、５００ｎｍ以下の短波長光源の光束に対して軸上色収差が補正不足になり過ぎなくでき、好ましい。

【００９７】また、上式（１０）を満たすことにより、対物レンズに設けた回折構造での収差補正の負担を軽減できる、すなわち、上式（１０）を満たすことにより、対物レンズに設けた回折構造に、集光光学系で発生する

42

造のみによる前記発振波長λ１における焦点距離（ｍｍ）

【００９４】請求項８３に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、少なくとも１面が非球面の単玉対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする。

軸上色収差の補正の役割をほとんど持たせないようにできるので、回折構造の輪帯間隔が大きく、輪帯数が少なく、回折効率の高い対物レンズとすることができる。ここで、b_2＝０の場合は、対物レンズに設けた回折構造により、集光光学系で発生する軸上色収差を補正しない場合に相当し、$-25.0 \leqq (b_2/\lambda 1) < 0.0$の場合は、長波長の光源（６００ｎｍ～８００ｎｍ程度）の光束に対して軸上色収差が過剰補正にならない程度に、短波長の光源（５００ｎｍ程度以下）の光束に対して軸上色収差を補正する場合に相当する。こうして補正不足の軸上色収差は、対物レンズと光源との間に配置される前記球面収差の変動を補正する手段を、請求項１０、１１、３３、３８、３９、６３又は６５に記載の構成とすることにより補正することができる。また、対物レンズで発生する軸上色収差を回折構造の作用によって補正する場合、対物レンズの材料のアッベ数をνｄとしたとき、νｄ＞５５．０を満足することが好ましく、それにより２次スペクトルを小さく抑えることができる。

【００９８】請求項８４に記載の光ピックアップ装置は、前記回折面が、前記光源の発振波長の微小変動に対して、前記対物レンズで発生する軸上色収差を補正する機能を有することを特徴とする。

【００９９】請求項８５に記載の光ピックアップ装置は、前記回折面が、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有するので、短波長光源を用いたときに問題となる軸上色収差を良好に補正することが可能となる。

【０１００】請求項８６に記載の光ピックアップ装置は、前記回折面は、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズの球面収差が補正不足となるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする。これにより、球面収差補正の役割を前記球面収差の変動を補正する手段又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段と、前記回折面とに分担できるので、前記球面収差の変動を補正する手段又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、光軸方向に変移可能な光学要素を用いて構成した場合には、その光学要素のストローク量が小さくてすむ。また、前述のように、球面収差補正の役割を、前記球面収差の変動を補正する手段又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段と、前記回折面とで分担することで、前記回折面のパワーを抑えることができ、回折輪帯の間隔を大きくできるので、回折効率の高

い光学素子が製造しやすくなる。

【０１０１】請求項８７、８８に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、少なくとも１面に、光軸側からその外周に向かって順に、屈折作用により前記光源から出射された光束を複数の光束に分割する、少なくとも第１の部分、第２の部分及び第３の部分を有し、前記第１の部分及び前記第３の部分は、透明基板厚ｔ１の第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記光源からの光束を集光可能であり、前記第１の部分及び前記第２の部分は、透明基板厚ｔ２（ｔ１＜ｔ２）の第２の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記光源からの光束を集光可能であることを特徴とする。

【０１０２】請求項８９に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズの少なくとも１面に、屈折作用により入射光束をｋ個（ｋ≧４）の輪帯状の光束（ここで、光軸側からその外側に向かって、順に第１、第２、・・・・・、第ｋ光束とする）に分割する輪帯状段差部分を形成し、前記第１の光情報記録媒体に対して情報の記録及び／または再生を行う場合には、前記第１及び第ｋ光束がつくる最良像面位置における前記第１及び第ｋ光束の波面収差の球面収差成分は０．０５λ1ｒｍｓ以下（λ1の光源波長）であり、前記第２ないし第（ｋ－１）光束のうち、少なくとも２つの光束はそれぞれ、前記第１及び第ｋ光束がつくる前記最良像面位置とは異なる位置に見かけ上の最良像面位置が形成され、前記第１及び第ｋ光束がつくる前記最良像面位置で、前記第１の光情報記録媒体に対する必要開口数内を通る前記第１ないし第ｋ光束のそれぞれの光束内の光線の波面収差がほぼmiλ1（mi個は整数で、ｉ＝１，２，・・・・・，ｋ）となることを特徴とする。

$$|SA1/SA2|>1.0 \qquad (11)$$

ただし、

ＳＡ１：収差関数をツェルニケ（Ｚｅｒｎｉｋｅ）の多項式に展開したときの３次の球面収差成分

ＳＡ２：収差関数をツェルニケ（Ｚｅｒｎｉｋｅ）の多項式に展開したときの５次の球面収差成分と７次の球面収差成分と９次の球面収差成分との２乗和の平方根

【０１０６】請求項９１に記載の光ピックアップ装置は、対物レンズで発生する球面収差の実質的な次数の球面収差成分におけるバランスに関する。特に、高い像側開口数の単玉対物レンズでは、中心厚（軸上厚）の僅かな違いで球面収差の量は大きくなる傾向があるので、対物レンズに要求される中心厚の許容範囲は非常に小さくなり、さらに、モールド成形でレンズを製造する場合には、複数のレンズを数μm以下の中心厚のふれで得ることも難しいが、上式（１１）を満たすことにより、３次の球面収差成分は、前記球面収差の変動を補正する手段又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段によって比較的容易に補正することができるので、中心厚の許容範囲（特に、設計値からの誤差）を拡げることができる。

【０１０７】請求項９２に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズの開口数を決定する絞りが、前記対物レンズのもっとも光源側の面の面頂点より前記光情報記録媒体が配置される側に位置することを特徴とする。これにより、発散光が対物レンズに入射する場合に、対物レンズの最も光源側の面の光線通過高さを小さく抑えることが出来るので、対物レンズの小型化あるいは収差補正上好ましい。

【０１０８】請求項９３に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、少なくとも１面に非球面を有する単玉対物レンズであるので、球面収差またはコマ収差を効果的に補正でき、小型かつ軽量なコンパクトな光ピックアップ装置を提供できる。特に、両面とも非球面とすることにより、球面収差とコマ収差とを効果的に補正できるのでより好ましい。

【０１０９】請求項９４に記載の光ピックアップ装置は、前記光源が、少なくとも５００ｎｍ以下の発振波長を有するので、高密度な情報の記録または高密度記録信号の再生が可能となる。また、発振波長５００ｎｍ以下の短波長光源を用いた場合に問題となる軸上色収差は、特に、請求項１０、１１、３３、３８、３９、６３又は６５に記載の構成とすることで補正することができる。

【０１１０】請求項９５に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズの像側開口数ＮＡは、少なくとも０．６５以上であることを特徴とする。前記対物レンズの像側開口数を０．６５以上（より好ましくは０．７５

以上）と従来より大きくすることで、より一層の光情報記録媒体の高密度大容量化が達成できる。以下、具体的な数値をあげて説明する。光情報記録媒体上に集光するスポット径は、ｋλ／ＮＡ（ｋ：比例定数、λ：光源の発振波長、ＮＡ：対物レンズの像側開口数）で表せるので、発振波長４００ｎｍの青紫色半導体レーザー及び像側開口数０．８５の対物レンズを用いた高密度光ピックアップ光学系では、発振波長６５０ｎｍの赤色半導体レーザー及び像側開口数０．６５の対物レンズを用いた低

$$1.1 \leqq d1/f \leqq 3.0 \quad (12)$$

ただし、

ｄ１：軸上レンズ厚（ｍｍ）

ｆ：前記光源の発振波長における焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記光源に発振波長が異なる複数の光源を有する場合には、最も波長が短い発振波長における焦点距離、また前記対物レンズに回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

【０１１２】上式（１２）は、良好な像高特性を得るための条件に関する。０．６５以上の大きな像側開口数を得ようとするとき、値ｄ１／ｆが下限以上であれば、良好な像高特性を確保でき、シフト感度を小さくできる。また、対物レンズのレンズ面の有効径の最大位置での非球面の接面と光軸に垂直な面とのなす角を小さくすることができるので、レンズ成形する際の金型の加工が容易になる。一方、値ｄ１／ｆが上限以上であれば、中心厚（軸上厚）が大きくなりすぎることがないので、ワーキングディスタンスを大きく確保することができる。また、非点収差の発生を小さく抑えることができるので、良好な像高特性を確保できる。以上より、値ｄ１／ｆは、下記式を満足することがより望ましい。

$$1.2 \leqq d1/f \leqq 2.3 \quad (12')$$

また、下記式を満足することが特に望ましい。

$$1.4 \leqq d1/f \leqq 1.8 \quad (12'')$$

【０１１３】請求項９７に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする。前記対物レンズをプラスチック製とすることで、軽量化を達成でき、フォーカシング機構への負担を軽減することができる。また、前記対物レンズは安定した精度で安価に大量生産することができる。更に、対物レンズに非球面や回折面を設ける際には、容易にそれらを形成することができる。特に、射出成形（射出圧縮成形を含む）により製造することが好ましい。

【０１１４】請求項９８に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、飽和吸水率が０．５％以下である材料から形成されていることを特徴とする。これにより、吸湿による対物レンズの屈折率変化が少なくなり好ましい。

【０１１５】請求項９９に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズは、前記光源の発振波長の光に対して、厚さ３ｍｍにおける内部透過率が８５％以上である材料から形成されていることを特徴とする。これにより、高い光強度を有する光源を必要としないため省エネルギーが図れる。

$$1.1 \leqq d1/f \leqq 3.0 \quad (13)$$

ただし、

ｄ１：軸上レンズ厚（ｍｍ）

ｆ：前記発振波長λ１における焦点距離（ｍｍ）（ただし、前記対物レンズに回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

密度光ピックアップ光学系に比べ、スポット径は約１／２となる。ここで、光情報記録媒体上への記録密度は、スポット径比の逆数の２乗に比例するので、高密度光ピックアップ光学系の記録密度は、低密度光ピックアップ光学系の４倍となる。

【０１１１】請求項９６に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、以下の式を満たすことを特徴とする。

【０１１６】請求項１００に記載の対物レンズは、請求項１乃至９９のいずれかに記載の光ピックアップ装置に適用可能であることを特徴とする。

【０１１７】請求項１０１に記載の対物レンズは、請求項１乃至９９のいずれかに記載の光ピックアップ装置に用いられた前記対物レンズであることを特徴とする。

【０１１８】請求項１０２に記載の対物レンズは、少なくとも２種類の光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能な光ピックアップ装置であって、発振波長λ１の光源と、前記発振波長λ１とは異なる発振波長λ２（λ１＜λ２）の光源と、前記発振波長λ１の光源から出射された第１の光束を、透明基板厚ｔ１の透明基板を介して第１の光情報記録媒体の情報記録面上に集光させると共に、前記発振波長λ２の光源から出射された第２の光束を、透明基板厚ｔ２（ｔ１≦ｔ２）の透明基板を介して第２の光情報記録媒体の情報記録面上に集光させる対物レンズを含む集光光学系と、前記第１及び前記第２の光情報記録媒体からの反射光を受光する光検出器とを有する光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

【０１１９】請求項１０３に記載の対物レンズは、像側開口数ＮＡが、０．７５以上であることを特徴とする。

【０１２０】請求項１０４に記載の対物レンズは、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えていることを特徴とする。

【０１２１】請求項１０５に記載の対物レンズは、前記回折面が、前記発振波長λ１の光源から出射された前記第１の光束を、前記第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差０．０７λ１ｒｍｓ以下の状態で集光でき、前記発振波長λ２の光源から出射された前記第２の光束を、前記第２の情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差０．０７λ２ｒｍｓ以下の状態で集光できるような波長特性を有することを特徴とする。

【０１２２】請求項１０６に記載の対物レンズは、前記第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長λ１の光源から出射された前記第１の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数をＮＡ１とし、前記第２の情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長λ２の光源から出射された前記第２の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数をＮＡ２（ＮＡ１＞ＮＡ２）としたとき、前記回折面は、前記発振波長λ２

$$0.5 \leqq (f1/\nu d) \cdot fD1 \leqq 10.0 \qquad (14)$$

ただし、

ｆ１：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた前記発振波長λ１における焦点距離（ｍｍ）

νｄ：レンズ材料のｄ線のアッベ数

ｆＤ１：前記回折構造を$\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 + \cdots\cdots$により定義される光路差関数で表した（ここで、ｈは光軸からの高さ（ｍｍ）であり、b_2、b_4、b_6、……は２次、４次、６次、……の光路差関数係数である）とき、ｆＤ＝１／（－２・b_2）により定義される、前記回折構造のみによる前記発振波長λ１における焦点距離（ｍｍ）

【０１２７】上式（１４）を満たすことにより、短波長光源および従来の長波長光源の両光束に対して軸上色収差が補正過剰になり過ぎたり、補正不足になり過ぎたりせず、バランスよく補正することができる。上式（１４）において左辺の下限以上で、６００ｎｍ～８００ｎｍの長波長光源の光束に対して軸上色収差が補正過剰になり過ぎず、右辺の上限以下で、５００ｎｍ以下の短波長光源の光束に対して軸上色収差が補正不足になり過ぎなくでき、好ましい。また、透明基板厚の異なる複数の光情報記録媒体に対して、それぞれの情報記録面にそれぞれ良好なスポットを形成するような波長特性を有する回折構造とすることにより、従来の透明基板厚（例えば、ＣＤでは１．２ｍｍ、ＤＶＤでは０．６ｍｍ）の大きい光情報記録媒体に対しても、短波長光源及び高い像側開口数を必要とする透明基板厚の薄い光情報記録媒体（例えば、透明基板厚０．２ｍｍ以下）に対しても、情報の記録又は再生に兼用することができる対物レンズを得ることが可能となる。

【０１２８】請求項１１１に記載の対物レンズは、少なくとも１面が非球面の単玉レンズであって、次式を満たすことを特徴とする。

$$-25.0 \leqq (b_2/\lambda 1) \leqq 0.0 \qquad (15)$$

ただし、

b_2：前記回折構造を$\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 + \cdots\cdots$により定義される光路差関数で表した（ここで、ｈは光軸からの高さ（ｍｍ）であり、b_2、b_4、b_6、……は２次、４次、６次、……の光路差関数係数である）ときのその２次の光路差関数係数

λ１：前記発振波長λ１（ｍｍ）

【０１２９】また、上式（１５）を満たすことにより、対物レンズに設けた回折構造での収差補正の負担を軽減できる、すなわち、上式（１５）を満たすことにより、対物レンズに設けた回折構造に、集光光学系で発生する軸上色収差の補正の役割をほとんど持たせないようにできるので、回折構造の輪帯間隔が大きく、輪帯数が少なく、回折効率の高い対物レンズとすることができる。ここで、b_2＝０の場合は、対物レンズに設けた回折構造により、集光光学系で発生する軸上色収差を補正しない場合に相当し、－２５．０≦（b_2／λ１）＜０．０の場合は、長波長の光源（６００ｎｍ～８００ｎｍ程度）の光束に対して軸上色収差が過剰補正にならない程度に、短波長の光源（５００ｎｍ程度以下）の光束に対して軸上色収差を補正する場合に相当する。こうして補正不足の軸上色収差は、対物レンズと光源との間に配置される前記球面収差の変動を補正する手段を、請求項１０、１１、３３、３８、３９、６３又は６５に記載の構

成とすることにより補正することができる。また、対物レンズで発生する軸上色収差を回折構造の作用によって補正する場合、対物レンズの材料のアッベ数をνｄとしたとき、νｄ＞５５．０を満足することが好ましく、それにより２次スペクトルを小さく抑えることができる。

$$|SA1/SA2|>1.0 \qquad (16)$$

ただし、

ＳＡ１：収差関数をツェルニケ（Ｚｅｒｎｉｋｅ）の多項式に展開したときの３次の球面収差成分

ＳＡ２：収差関数をツェルニケ（Ｚｅｒｎｉｋｅ）の多項式に展開したときの５次の球面収差成分と７次の球面収差成分と９次の球面収差成分との２乗和の平方根

【０１３１】対物レンズで発生する球面収差の実質的な次数の球面収差成分におけるバランスに関する。特に、高い像側開口数の単玉対物レンズでは、中心厚（軸上厚）の僅かな違いで球面収差の量は大きくなる傾向があるので、対物レンズに要求される中心厚の許容範囲は非常に小さくなり、さらに、モールド成形でレンズを製造する場合には、複数のレンズを数μm以下の中心厚のふれで得ることも難しいが、上式（１１）を満たすことにより、対物レンズで発生する球面収差の実質的な次数の球面収差成分におけるバランスを良好にでき、対物レンズに要求させる中心厚の許容範囲（特に、設計値からの誤差）を拡げることができる。

【０１３２】請求項１１３に記載の対物レンズは、少なくとも１面に、光軸側からその外周に向かって順に、屈折作用により前記光源から出射された光束を複数の光束に分割する、少なくとも第１の部分、第２の部分及び第３の部分を有し、前記第１の部分及び前記第３の部分は、前記第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記発振波長λ１の光源からの光束を集光可能であり、前記第１の部分及び前記第２の部分は、前記第２の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記発振波長λ２の光源からの光束を集光可能であることを特徴とする。

【０１３３】請求項１１４に記載の対物レンズは、少なくとも１面に、屈折作用により入射光束をｋ個（ｋ≧４）の輪帯状の光束（ここで、光軸側からその外側に向かって、順に第１、第２、・・・・・・、第ｋ光束とする）に分割する輪帯状段差部分を形成し、前記第１の光情報記録媒体に対して情報の記録及び／または再生を行う場合には、前記第１及び第ｋ光束がつくる最良像面位置における前記第１及び第ｋ光束の波面収差の球面収差成分は０．０５λ１ｒｍｓ以下（λ１の光源波長）であり、前記第２ないし第（ｋ－１）光束のうち、少なくとも２つの光束はそれぞれ、前記第１及び第ｋ光束がつくる前記最良像面位置とは異なる位置に見かけ上の最良像面位置が形成され、前記第１及び第ｋ光束がつくる前記最良像面位置で、前記第１の光情報記録媒体に対する必要開口数内を通る前記第１ないし第ｋ光束のそれぞれの光束内の光線の波面収差がほぼmiλ１（mi個は整数で、ｉ＝１，２，・・・・・・，ｋ）となることを特徴とする。

【０１３０】請求項１１２に記載の対物レンズは、球面収差のうち、３次の球面収差成分をＳＡ１、５次及び７次及び９次の球面収差成分の和をＳＡ２としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

【０１３４】請求項１１５に記載の対物レンズは、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする。

【０１３５】請求項１１６に記載の対物レンズは、飽和吸水率が０．５％以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【０１３６】請求項１１７に記載の対物レンズは、前記光源の発振波長に対して、厚さ３ｍｍにおける内部透過率が８５％以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【０１３７】請求項１１８に記載の対物レンズは、少なくとも一方の面が非球面の単玉レンズであることを特徴とする。

【０１３８】請求項１１９に記載の対物レンズは、請求項１乃至９９のいずれかに記載の光ピックアップ装置に適用可能であることを特徴とする。

【０１３９】請求項１２０に記載のビームエキスパンダーは、少なくとも１枚の正レンズと少なくとも１枚の負レンズとを含み、少なくともその一方は光軸方向に沿って変移可能な可動要素となっており、前記正レンズを含む全正レンズのそれぞれのアッベ数が７０．０以下あるいは前記負レンズを含む全負レンズのそれぞれのアッベ数が４０．０以上であって、少なくとも１面に輪帯状の回折構造を有する回折面を有することを特徴とする。

【０１４０】ビームエキスパンダーを構成する正レンズのアッベ数が７０．０以下あるいは負レンズのアッベ数が４０．０以上である場合、他の光学素子（特に、好ましくは、光ピックアップ装置に適用した際の対物レンズ）で発生する軸上色収差は補正不足になりがちとなるが、回折面を設けることにより、その軸上色収差を良好に補正することが可能となる。特に、入射光源の発振波長が長波長側に微小変動したときに対物レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有する回折構造をもった回折面を少なくとも１面に設けることにより、対物レンズの軸上色収差を良好に補正することができる。さらに、この回折面に、光源の発振波長が長波長側に微小変動したときに対物レンズの球面収差が補正不足になるような球面収差特性を持たせることにより、光源の発振波長が長波長側に微小変動したときの球面収差をも補正することができる。また、正レンズのアッベ数が７０．０以下であると、強度において優れ、製造もし易

く、耐環境性にも良い。一方、負レンズのアッベ数が４０．０以上であると、短波長の光に対する透過性に優れる。正レンズおよび負レンズともアッベ数が４０．０以上７０．０以下であることが好ましい。

【０１４１】請求項１２１に記載のビームエキスパンダ

$$P2 < P1 < P3$$

【０１４２】これにより、ビームエキスパンダーに、対物レンズやカップリングレンズ等の光学素子で発生する軸上色収差を補正する役割を持たせることができる。すなわち、回折構造によりビームエキスパンダー自体では軸上色収差を過剰に補正し、対物レンズやカップリングレンズ等の光学素子で発生する軸上色収差とは逆の極性の軸上色収差を発生させることによって、対物レンズやカップリングレンズ等の光学素子で発生する軸上色収差を補正することができる。

【０１４３】請求項１２２に記載のビームエキスパンダーは、前記回折面が、入射させる光束を出力する光源の発振波長の微小変動に対して、出射側に配置される集光レンズで発生する軸上色収差を抑制する機能を有することを特徴とする。

【０１４４】請求項１２３に記載のビームエキスパンダーは、前記回折面が、入射させる光束を出力する光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、出射側に配置される集光レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有することを特徴とする。これにより、対物レンズ等の光学素子の軸上色収差を良好に補正することができる。

【０１４５】請求項１２４に記載のビームエキスパンダーは、前記回折面が、入射させる光束を出力する光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、出射側に配置される集光レンズの球面収差が補正不足となるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする。これにより、入力させる光束を出力する光源の発振波長が長波長側に微小変動した際の球面収差を良好に補正することができる。

【０１４６】請求項１２５に記載のビームエキスパンダーは、前記可動要素が、比重２．０以下の材料から形成されていることを特徴とする。これにより、可動要素の変移装置への負担を軽減できる。

【０１４７】請求項１２６に記載のビームエキスパンダーは、前記可動要素が、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする。これにより、変移装置への負担を軽減することができ、また高速な可動要素の光軸方向の移動が可能となる。更に、回折面や非球面を設ける構成要素をプラスチック材料から形成すれば、それらを容易に付加できる。

【０１４８】請求項１２７に記載のビームエキスパンダーは、前記可動要素の少なくとも１面に非球面を有することを特徴とする。

【０１４９】請求項１２８に記載のビームエキスパンダーは、入射させる光束を出力する光源の発振波長における近軸パワーをＰ１とし、前記発振波長より１０ｎｍ短い波長における近軸パワーをＰ２とし、前記発振波長より１０ｎｍ長い波長における近軸パワーをＰ３としたとき、次式を満足することを特徴とする。

（１７）

ーは、前記可動要素が、飽和吸水率が０．５％以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【０１５０】請求項１２９に記載のビームエキスパンダーは、前記可動要素が、入射させる光源の発振波長の光に対して、厚さ３ｍｍにおける内部透過率が８５％以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【０１５１】請求項１３０に記載のビームエキスパンダーは、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする。

【０１５２】請求項１３１に記載のビームエキスパンダーは、少なくとも１面に非球面を有することを特徴とする。

【０１５３】請求項１３２に記載のビームエキスパンダーは、飽和吸水率が０．５％以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【０１５４】請求項１３３に記載のビームエキスパンダーは、入射させる光源の発振波長の光に対して、厚さ３ｍｍにおける内部透過率が８５％以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【０１５５】請求項１３４に記載のビームエキスパンダーは、請求項８乃至３３、３６乃至６３のいずれかに記載の光ピックアップ装置に適用可能であることを特徴とする。

【０１５６】本明細書中で用いる回折面とは、光学素子の表面、例えばレンズの表面に、レリーフを設けて、回折によって光線の角度を変える作用を持たせた形態（又は面）のことをいい、一つの光学面に回折を生じる領域と生じない領域がある場合は、回折を生じる領域をいう。レリーフの形状としては、例えば、光学素子の表面に、光軸を中心とする略同心円状の輪帯として形成され、光軸を含む平面でその断面をみれば各輪帯は鋸歯のような形状が知られているが、そのような形状を含むものである。特に、そのような鋸歯状の輪帯構造であることが好ましい。

【０１５７】本明細書中において、対物レンズとは、狭義には光ピックアップ装置に光情報記録媒体を装填した状態において、最も光情報記録媒体側の位置で、これと対向すべく配置される集光作用を有するレンズを指し、広義にはそのレンズと共に、アクチュエータによって少なくともその光軸方向に作動可能なレンズ群を指すものとする。

【０１５８】本明細書中において、集光光学系とは、少なくとも対物レンズを含み、光源から対物レンズとの間に配置されて、入射される光束を略平行光束とするため

53

のカップリングレンズ（入射される発散光束を平行光束とするコリメータを含む）を指すものとする。但し、後述するビームエキスパンダー等の一体的に機能される少なくとも光学素子の集合体であって、その集合体を構成する一部の光学素子が光軸方向に沿って変移可能な集合体、及びその集合体の一部の光学素子は、ここでは集光光学系に含まないものとする。尚、カップリングレンズは、複数のレンズからなっていてもよく、また、それらのレンズが離間され、その間に他の光学素子が介在する構成であってもよい。

【０１５９】本明細書中において、ビームエキスパンダーとは、少なくとも１つのレンズ等の光学素子を光軸方向に沿って変移可能であり、それにより出射光束の発散角（発散作用、収束作用を含む）を可変可能であって、略平行光束を入射させた際に略平行光束を出射可能なレンズ等の光学素子の集合体（レンズ群等の光学素子群）を指すものとする。それらレンズ等の複数の光学素子が一体化されていることが好ましく、少なくとも１つのレンズ等の光学素子が光軸方向に沿って変移可能に少なくとも構成されたものであれば、実際にその変移を行う変移装置といった駆動手段は、ビームエキスパンダーとしては含んでいなくてもよい。

【０１６０】本明細書中において、球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段とは、球面収差の変動を補正する手段と軸上色収差を補正する手段とが単一の手段、たとえば一つの光学素子やその集合体（例えば、ビームエキスパンダー）により、２つの補正機能を両方有している構成であることを意味するものであり、例えば、特定のアッベ数の正レンズ及び負レンズで構成したビームエキスパンダーや、回折構造を有する面を備えたビームエキスパンダー等が挙げられる。また、本明細書中において、光ピックアップ装置に関する発明では、特段の規定がない限り、焦点距離としては、使用される光源のうち最も発振波長の短い光を出射する光源のその発振波長に対する焦点距離を指すものとする。

【０１６１】本明細書中において、光源の発振波長の微小変動とは、光源の発振波長に対して、±１０ｎｍの範囲内での波長変動を指すものとする。また、本明細書中において、各種の収差を（良好に）補正するとは、波面収差を求めたときにいわゆる回折限界性能である０．０７λｒｍｓ以下（ここで、λは使用する光源の発振波長）であることが好ましく、さらに、装置上の機械精度等を考慮して０．０５λｒｍｓ以下であることがより好ましい。これらにより種々の光情報記録媒体に対して、それぞれ適切なスポットサイズを得ることができる。

54

【０１６２】本明細書中において、光情報記録媒体（光ディスク）としては、例えば、CD-R、 CD-RW、 CD-Video、 CD-ROM等の各種ＣＤ、DVD-ROM、 DVD-RAM、 DVD-R、 DVD-RW、DVD-Video等の各種ＤＶＤ、或いはＭＤ等のディスク状の現在の光情報記録媒体および次世代の光情報記録媒体なども含まれる。尚、本明細書中において用いる透明基板とは、厚さが０ｍｍすなわち透明基板が存在しない場合も含む。

【０１６３】本明細書中において、情報の記録および再生とは、上記のような光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録すること、情報記録面上に記録された情報を再生することをいう。本発明の光ピックアップ装置は、記録だけ或いは再生だけを行うために用いられるものであってもよいし、記録および再生の両方を行うために用いられるものであってもよい。また、或る光情報記録媒体に対しては記録を行い、別の光情報記録媒体に対しては再生を行うために用いられるものであってもよいし、或る光情報記録媒体に対しては記録または再生を行い、別の光情報記録媒体に対しては記録及び再生を行うために用いられるものであってもよい。なお、ここでいう再生とは、単に情報を読み取ることも含むものである。

【０１６４】本発明の光ピックアップ装置は、各種のプレーヤまたはドライブ等、あるいはそれらを組み込んだＡＶ機器、パソコン、その他の情報端末等の音声および／または画像の記録および／または再生装置に搭載することができる。

【０１６５】

【発明の実施の形態】本実施の形態において用いられる非球面は、次の［数１］で表される。但し、ｘは光軸方向の軸、ｈは光軸と垂直方向の軸、光の進行方向を正とし、ｒは近軸曲率半径、κは円錐係数、A_{2i}は非球面係数である。

【数１】

$$X=\frac{h^2/r}{1+\sqrt{1-(1+\kappa)h^2/r^2}}+\sum_{i=2}^{\infty}A_{2i}h^{2i}$$

【０１６６】本実施の形態で用いられる回折面は、光路差関数として［数２］により表される。

【数２】

$$\Phi b=\sum_{i=1}^{\infty}b_{2i}h^{2i}$$

【０１６７】以下、本発明の好適な実施の形態につい

て、図面を参照しつつ説明する。図１は、本実施の形態にかかる光ピックアップ装置の概略構成図である。図１において、第１の光情報記録媒体２３に対して記録および／または再生を行う第１光源１１と、第２の光情報記録媒体２４に対して記録および／または再生を行う第１光源１１とは波長の異なる第２光源１２とを備え、それぞれの光源から射出される発散光束の発散角を所望の発散角に変換するカップリングレンズ２１、２２と、上記それぞれの光源からの光束をほぼ同一の方向に進むようにする光路合成手段であるビームスプリッタ６２と、ビームスプリッタ６２からの光束を光情報記録媒体の情報記録面５に集光する対物レンズ３と、光情報記録媒体からの反射光を受光する光検出器４１、４２とを備えている。図中、８は絞り、９はシリンドリカルレンズ、７１、７２は１／４波長板、１５は光源１１からの発散光束の発散度を小さくするためのカップリングレンズ、１６は凹レンズ、１７は反射光束を分離するためのホログラムである。

【０１６８】更に、本実施の形態においては、対物レンズ３の球面収差の変動を補正する手段及び発散度変更手段として、前記光源側から順に配置された負レンズ５と正レンズ４と、アクチュエータ７を備えている（以下、球面収差補正手段、及び発散度変更手段ともいう）。アクチュエータ７は、光学要素としての負レンズ５を光軸方向に移動させて光束の発散角度を変更する変移装置として機能する。また、本実施の形態に関連して、その具体的な一部の光学系を示す実施例１～１４においては、この変移可能な負レンズ５と正レンズ４とから構成された、いわゆるビームエキスパンダーの一例のことを、球面収差補正手段と表現する場合がある。尚、６は、フォーカシングのため対物レンズ３を光軸方向に駆動するアクチュエータである。第１光源１１は波長λ１＝４０５ｎｍのレーザ光を射出し、第２光源１２は波長λ２＝６５５ｎｍのレーザ光を射出できるものとする。

【０１６９】以下に述べる実施例において、実施例１、２、１１、１２は、対物レンズ３に回折面を設けて軸上色収差を補正しており、実施例３～５は、負レンズ５と正レンズ４に特定の素材を用いて軸上色収差を補正しており、実施例６～８、１３、１４は、負レンズ５と正レンズ４の少なくとも一方に回折面を設けて対物レンズ３の軸上色収差を補正しており、実施例９、１０は、負レンズ５と正レンズ４の特定の素材と、正レンズ４に設けた回折面の相乗効果で対物レンズ３の軸上色収差を補正している。また、実施例４、５、１２は、異なる光情報記録媒体に対し、同一の光学系を用いて情報の記録又は再生を行う例である。尚、以下の対物レンズの実施例では、吸水率０．０１％以下で、光源波長４００ｎｍの光束による透過率が９０．５％及び光源波長７００ｎｍの光束による透過率が９２％であるプラスチック材料を用いて形成した。また、以下の実施例において、図１に示した本実施の形態における第１光源１１のみを用いた実施例では、具体的な実施の形態の図面は省略したが、概して図１のピックアップ装置において、例えば、第２光源１２と、カップリングレンズ２２と、ビームスプリッタ６２と、光検出器４２と、１／４波長板７２と、ホログラム１７とを取り除いたような態様とすることができる。以下、各実施例について説明する。

【０１７０】（実施例１）表１に、実施例１における、負レンズ５、正レンズ４、対物レンズ３からなる光学系に関するデータを示す。尚、これより示すレンズデータ内において、１０のべき乗数（例えば、２．５×１０$^{-3}$）を、Ｅ（例えば、２．５×Ｅ－３）を用いて表している。また、回転対称な多項式によって表される回折面の回折による１次光は、回折後収束する方向に光線の角度が変化する光のことを意味する。

【表１】

57　　58

実施例1
λ1 405nm
NA 0.85

		r(mm)	d(mm)	$N_{\lambda 1}$	νd
1	球面収差補正手段	-604.711	0.800	1.91409	23.8
2		7.532	1.000		
3		8.122	1.200	1.50717	81.6
4		-11.199	1.000		
5(絞り)		∞	0.000		
6(非球面1, 回折面1)	対物レンズ	1.233	2.688	1.52524	56.5
7(非球面2)		-0.931	0.334		
8	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
9		∞	0.000		

非球面1

K	-6.8440E-01
A_4	1.7085E-02
A_6	2.4417E-03
A_8	1.4011E-03
A_{10}	3.9966E-04
A_{12}	-2.0375E-04
A_{14}	1.8903E-05
A_{16}	2.6231E-05
A_{18}	2.3047E-05
A_{20}	-1.4976E-05

回折面1

b_2	-7.0001E-03

非球面2

K	-22.173426
A_4	0.345477
A_6	-0.821245
A_8	0.890651
A_{10}	-0.391613
A_{12}	-0.252257E-03
A_{14}	-0.109061E-09
A_{16}	-0.166822E-10
A_{18}	-0.250470E-11
A_{20}	-0.370377E-12

【０１７１】図２は、実施例１に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。図３は、対物レンズ３にかかる球面収差図である。実施例１においては、波長４０５ｎｍの第１光源１１と、対物レンズ３の像側開口数ＮＡ０．８５との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。本実施例においては、前記球面収差の変動を補正する手段の負レンズ５及び正レンズ４の材料として、それぞれνｄＮ＝２３．８、νｄＰ＝８１．６の材料を選び、更に、対物レンズ３の光源側の面に回折面を設けることで、対物レンズ３で発生する軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、ｆＮ＝－８．１３（ｍｍ）、ｆＰ＝９．４８（ｍｍ）であり、ｆ＝１．７６５（ｍｍ）、ｆＤ＝７１．４８３（ｍｍ）である。

【０１７２】本実施例では、光源の発振波長の微小変動（以下、単に、波長変動ともいう）あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正を、以下のように行うことができる。本実施例の場合は、波長が大きくなったとき、あるいは温度が上昇したときに対物レンズ３では、補正過剰の球面収差が発生する。かかる場合、発生した球面収差を、アクチュエータ７により負レンズ５を光軸に沿って動かすことで、負レンズ５と正レンズ４の間隔を小さくすれば、補正不足の球面収差を発生させることができる。適切な量だけ負レンズ５を動かせば、補正過剰の球面収差をキャンセルすることができ、球面収差の補正結果を示す表２から明らかなように、光学系全体の球面収差は良好となる。

【表２】

実施例1

像高特性 WFE_rms		Y=0μm Y=10μm	0.004λ(1.00mm) 0.011λ
波長特性 WFE_rms	+10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.005λ(0.75mm) +0.47
	−10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.011λ(1.27mm) −0.64
温度特性 WFE_rms	+30℃ −30℃	Y=0μm	0.008λ(0.80mm) 0.024λ(1.22mm)

注）表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【０１７３】（実施例２）表３に、実施例２における、　10　に関するデータを示す。負レンズ５、正レンズ４、対物レンズ３からなる光学系　　【表３】

実施例2
λ1 405nm
NA 0.85

		r(mm)	d(mm)	$N_{\lambda 1}$	νd
1	球面収差補正手段	−6.551	0.800	1.61949	30.0
2		5.582	1.000		
3		8.542	1.200	1.52524	56.5
4		−5.364	1.000		
5(絞り)		∞	0.000		
6(非球面1, 回折面1)	対物レンズ	1.233	2.888	1.52524	56.5
7(非球面2)		−0.831	0.334		
8	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
9		∞	0.000		

非球面1

K	−6.8440E−01
A_4	1.7085E−02
A_6	2.4417E−03
A_8	1.4011E−03
A_{10}	3.9988E−04
A_{12}	−2.0375E−04
A_{14}	1.8903E−05
A_{16}	2.6231E−05
A_{18}	2.3047E−05
A_{20}	−1.4978E−05

回折面1

b_2	−7.0001E−03

非球面2

K	−22.173426
A_4	0.345477
A_6	−0.821245
A_8	0.890851
A_{10}	−0.391613
A_{12}	−0.252257E−03
A_{14}	−0.109081E−09
A_{16}	−0.156822E−10
A_{18}	0.250470E−11
A_{20}	0.370377E−12

【０１７４】図４は、実施例２に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。図５は、対物レンズ３にかかる球面収差図である。実施例２においては、波長４０５ｎｍの第１光源１１と、対物レンズ３の像側開口数ＮＡ０．８５との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例２では、前記球面収差の変動を補正する手段の負レンズ５及び正　40　レンズ４の材料として、それぞれνｄＮ＝３０．０、νｄＰ＝５６．５の材料を選び、更に、対物レンズ３の光源側の面に回折面を設けることで、対物レンズ３で発生する軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、ｆＮ＝－４．７５（ｍｍ）、ｆＰ＝６．４７（ｍｍ）であり、ｆ＝１．７６５（ｍｍ）、ｆＤ＝７１．４８３（ｍｍ）である。

【０１７５】本実施例での波長変動あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正については、実施例１と同様なので、説明は省略する。球面収差の補正結果を示す表４から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ３及び球面収差の変動を補正する手段として、負レンズ５及び正レンズ４にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・可動機構への負担の軽減を図っている。

【表４】

実施例2

像高特性 WFE_rms		Y=0μm Y=10μm	0.005λ (1.00mm) 0.009λ
波長特性 WFE_rms	+10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.005λ (0.91mm) +1.30
	−10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.009λ (1.10mm) −1.60
温度特性 WFE_rms	+30℃ −30℃	Y=0μm	0.007λ (0.88mm) 0.017λ (1.13mm)

注）表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【０１７６】（実施例３）表５に、実施例３における、　10　に関するデータを示す。負レンズ５、正レンズ４、対物レンズ３からなる光学系　　【表５】

実施例3
λ1 405nm
NA 0.85

		r(mm)	d(mm)	$N_{\lambda 1}$	νd
1	球面収差補正手段	−20.486	0.800	1.91409	23.8
2		14.729	1.000		
3		26.278	1.200	1.50717	81.6
4		−7.040	1.000		
5(絞り)		∞	0.000		
6(非球面1)	対物レンズ	1.225	2.845	1.52524	56.5
7(非球面2)		−0.763	0.282		
8	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
9		∞	0.000		

非球面1

K	−0.699712
A_4	0.166009E−01
A_6	0.209051E−02
A_8	0.157932E−02
A_{10}	0.212509E−03
A_{12}	−0.344184E−03
A_{14}	0.119417E−04
A_{16}	0.577745E−04
A_{18}	0.409189E−04
A_{20}	−0.257292E−04

非球面2

K	−20.033672
A_4	0.331327
A_6	−0.881378
A_8	0.965015
A_{10}	−0.412771
A_{12}	−0.252257E−03
A_{14}	−0.110756E−09
A_{16}	−0.168921E−10
A_{18}	−0.253030E−11
A_{20}	−0.370376E−12

【０１７７】図６は、実施例３に係る負レンズ５と、正　40　レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。図７は、対物レンズ３にかかる球面収差図である。実施例３においては、波長４０５ｎｍの第１光源１１と、対物レンズ３の像側開口数ＮＡ０．８５との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例３においては、負レンズ５及び正レンズ４の材料として、それぞれνｄＮ＝２３．８、νｄＰ＝８１．６の材料を選ぶことで、軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、ｆＮ＝－９．２７（ｍｍ）、ｆＰ＝１１．０８（ｍｍ）であり、ｆ＝１．７６５（ｍｍ）である。

【０１７８】本実施例での波長変動あるいは温度変化時の球面収差の補正は実施例１と同様なので、説明は省略する。球面収差の補正結果を示す表６から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ３にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・可動機構への負担の軽減を図っている。

【表６】

63　　64

実施例3

像高特性 WFE_rms		Y=0 μm Y=10 μm	0.010 λ (1.00mm) 0.011 λ
波長特性 WFE_rms	+10nm	Y=0 μm Δf_B (μm)	0.025 λ (0.87mm) +1.81
	−10nm	Y=0 μm Δf_B (μm)	0.021 λ (1.21mm) −2.03
温度特性 WFE_rms	+30℃ −30℃	Y=0 μm	0.028 λ (0.70mm) 0.024 λ (1.28mm)

注) 表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【０１７９】（実施例４）表７に、実施例４における、　　に関するデータを示す。負レンズ５、正レンズ４、対物レンズ３からなる光学系　　【表７】

実施例4
λ1 405nm
λ2 655nm
NA1 0.85
NA2 0.65

		r(mm)	d(mm)	$N_{\lambda 1}$	νd
1(非球面1)	発散度変更手段	−4.511	0.500	1.58948	30.0
2(非球面2)		5.432	(可変間隔1)		
3(非球面3)		8.748	1.200	1.52524	56.5
4(非球面4)		−5.817	1.700		
5(絞り)		∞	−0.700		
7(非球面5、回折面1)	対物レンズ	1.180	2.518	1.52524	56.5
8(非球面6)		−1.146	(可変間隔2)		
9	透明基板	∞	(可変間隔3)	1.61948	30.0
10		∞			

	λ1	λ2
可変間隔1	2.271	0.602
可変間隔2	0.405	0.261
可変間隔3	0.100	0.600

非球面1
K　−1.822446
A_4　0.191948E−02
A_6　0.153453E−02
A_8　−0.374714E−02
A_{10}　−0.3888008E−04
A_{12}　−0.4925532E−12

非球面2
K　−0.35913
A_4　−0.388218E−03
A_6　0.335777E−03
A_8　−0.159195E−02
A_{10}　−0.762648E−03
A_{12}　−0.413596E−09

非球面3
K　−4.378052
A_4　−0.792779E−03
A_6　0.100408E−02
A_8　0.225086E−03
A_{10}　−0.135761E−03
A_{12}　−0.587062E−07
A_{14}　−0.445983E−04
A_{16}　−0.165320E−05
A_{18}　−0.968153E−06
A_{20}　0.105818E−05

非球面4
K　−0.159857
A_4　0.704286E−04
A_6　0.247503E−03
A_8　0.322371E−03
A_{10}　0.812332E−04
A_{12}　−0.531635E−04
A_{14}　−0.338725E−04
A_{16}　0.191316E−05
A_{18}　−0.294735E−07
A_{20}　0.822800E−06

非球面5
K　−7.8306E−01
A_4　2.0173E−02
A_6　−1.8406E−03
A_8　7.0821E−03
A_{10}　−6.8717E−04
A_{12}　−9.6434E−04
A_{14}　6.6499E−05
A_{16}　2.8047E−04
A_{18}　4.7069E−05
A_{20}　−4.4529E−05

回折面1
b_2　−1.0000E−00
b_4　−2.3356E−03
b_6　−7.2905E−04
b_8　9.8120E−04
b_{10}　−5.0646E−05
b_{12}　−1.8831E−04
b_{14}　−1.0233E−04
b_{16}　5.9750E−05
b_{18}　2.8555E−05
b_{20}　−1.0835E−05

非球面6
K　−20.315405
A_4　0.287533
A_6　−0.480343
A_8　0.388857
A_{10}　−0.119103
A_{12}　0.467297E−02
A_{14}　0.998218E−09
A_{16}　0.122952E−09
A_{18}　0.157221E−10
A_{20}　0.192406E−11

【０１８０】図８、９は、第４の実施例に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。図１０、１１は、異なる光情報記録媒体に対してそれぞれ、情報の記録又は再生を行う際における、対物レンズ３にかかる球面収差図である。実施例４においては、同一光学系を用いて、波長４０５ｎｍの第１光源１１と、透明基板厚０．１ｍｍの光情報記録媒体との組み合わせ、又は波長６５５ｎｍの第２光源１１と、透明基板厚０．６ｍｍの光情報記録媒体との組み合わせにより情報の記録又は再生を行う光ピックアップ装置の例である。実施例４においては、負レンズ５及び正レンズ４の材料として、それぞれνｄＮ＝３０．０、νｄＰ＝５６．５の材料を選ぶことで、軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、ｆＮ＝－３．８２（ｍｍ）、ｆＰ＝６．８５（ｍｍ）であり、ｆ１＝１．７６５（ｍｍ）、ｆＤ１＝５０００００．０２（ｍｍ）である。なお、発振波長λ２＝６５５ｎｍにおける対物レンズの焦点距離は、ｆ２＝１．８０４である。

【０１８１】実施例４においては、異なる光情報記録媒体における透明基板厚の違いに起因して発生する球面収差の変動を、光源側から順に１枚の負レンズ５、１枚の正レンズ４から構成される発散角度変更手段（本発明の

67

球面収差の変動を補正する手段、或いは球面収差の変動と軸上色収差とを補正する手段に相当する）の間隔を変えることで補正している。また、対物レンズ３の光源側の面に回折面を設けることで、上記球面収差をより良好に補正している。更に、光源の波長変動時や温湿度変化時の対物レンズの球面収差劣化も、発散度変更手段の間隔を変えることで良好に補正している。すなわち、表８から明らかなように、負レンズ５と正レンズ４の間隔を

68

適切な間隔に変更することで、基板厚変更時、波長変動時及び温湿度変化時の対物レンズ３の球面収差劣化を、良好に補正している。また、対物レンズ３及び、負レンズ５、正レンズ４にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・可動機構への負担の軽減を図っている。

【表８】

実施例4

			405nm NA 0.85	655nm NA 0.65
像高特性 WFE_rms		Y=0μm Y=10μm	0.008λ (2.27mm) 0.025λ	0.008λ (0.60mm) 0.030λ
波長特性 WFE_rms	+10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.019λ (2.24mm) +3.57	0.005λ (0.62mm) +0.47
	−10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.021λ (2.31mm) +3.57	0.010λ (0.59mm) +0.47
温度特性 WFE_rms	+30℃ −30℃	Y=0μm	0.028λ (2.15mm) 0.028λ (2.44mm)	0.018λ (0.63mm) 0.006λ (0.53mm)

注）表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【０１８２】（実施例５）表９に、実施例５における、　　に関するデータを示す。

負レンズ５、正レンズ４、対物レンズ３からなる光学系　20　【表９】

69　　70

実施例5
λ1 405nm
λ2 655nm
NA1 0.85
NA2 0.65

		r(mm)	d(mm)	N_1	νd
1(非球面1)	発散度変更手段	-8.096	1.000	1.61949	30.0
2(非球面2)		8.634	(可変間隔1)		
3(非球面3)		11.847	1.500	1.52514	56.5
4(非球面4)		-8.791	1.800		
5(絞り)		∞	-0.800		
7(非球面5, 回折面1)	対物レンズ	1.979	4.322	1.52524	56.5
8(非球面6)		-1.953	(可変間隔2)		
9	透明基板	∞	(可変間隔3)	1.61949	30.0
10		∞			

	λ1	λ2
可変間隔1	2.367	1.520
可変間隔2	0.684	0.503
可変間隔3	0.100	0.800

非球面1
K　-0.849544
A_4　0.260023E-03
A_6　-0.181862E-04
A_8　-0.543678E-04
A_{10}　-0.451719E-05
A_{12}　-0.484352E-06

非球面2
K　-1.311999
A_4　-0.295477E-03
A_6　-0.600121E-04
A_8　-0.938876E-06
A_{10}　-0.920091E-05
A_{12}　-0.437732E-06

非球面3
K　-1.415874
A_4　-0.144573E-03
A_6　-0.936888E-05
A_8　0.582686E-06
A_{10}　0.103813E-06
A_{12}　0.183933E-08
A_{14}　-0.532583E-08

非球面4
K　-0.616512
A_4　0.103046E-03
A_6　0.200275E-05
A_8　-0.856334E-06
A_{10}　0.156881E-06
A_{12}　-0.106594E-07
A_{14}　0.106582E-08

非球面5
K　-7.7750E-01
A_4　4.5298E-03
A_6　-1.0331E-04
A_8　1.5430E-04
A_{10}　-7.9387E-06
A_{12}　-2.7124E-06
A_{14}　-3.5162E-08
A_{16}　8.0281E-08
A_{18}　6.0459E-09
A_{20}　-1.7929E-09

回折面1
b_2　-5.8826E-07
b_4　-2.4784E-04
b_6　-8.8880E-05
b_8　1.6795E-05
b_{10}　-4.0017E-07
b_{12}　-5.8967E-07
b_{14}　-9.9524E-08
b_{16}　2.4037E-08
b_{18}　3.4648E-09
b_{20}　-5.1849E-10

非球面6
K　-23.140218
A_4　0.547424E-01
A_6　-0.325585E-01
A_8　0.911398E-02
A_{10}　-0.845883E-03
A_{12}　0.858578E-04
A_{14}　-0.121099E-05
A_{16}　-0.246113E-05
A_{18}　-0.112315E-05
A_{20}　0.953156E-10

【０１８３】図１２、１３は、実施例５に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。図１４、１５は、異なる光情報記録媒体に対してそれぞれ、情報の記録又は再生を行う際における、対物レンズ３にかかる球面収差図である。実施例５においては、同一光学系を用いて、波長４０５ｎｍの第１光源１１と、透明基板厚０．１ｍｍの光情報記録媒体との組み合わせ、又は波長６５５ｎｍの第２光源１１と、透明基板厚０．６ｍｍの光情報記録媒体との組み合わせにより情報の記録又は再生を行う光ピックアップ装置の例である。実施例５においては、負レンズ５及び正レンズ４の材料として、それぞれνｄＮ＝３０．０、νｄＰ＝５６．５の材料を選ぶことで、軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、ｆＮ＝－６．５９（ｍｍ）、ｆＰ＝９．８５（ｍｍ）であり、ｆ１＝３．０１１（ｍｍ）、ｆＤ１＝８４９９６４．３３（ｍｍ）である。なお、発振波長λ２＝６５５ｎｍにおける対物レンズの焦点距離は、ｆ２＝３．０７６である。

【０１８４】実施例４と同様に、表１０から明らかなように、負レンズ５と正レンズ４の間隔を適切な間隔に変更することで、透明基板厚変更時、波長変動時及び温湿度変化時の対物レンズの球面収差劣化を、良好に補正出来る。また、対物レンズ３、負レンズ５、正レンズ４にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・可

動機構への負担の軽減を図っている。

【表１０】

実施例5

			405nm NA 0.85	655nm NA 0.65
像高特性 WFE_rms		Y=0μm	0.008λ (2.36mm)	0.001λ (1.52mm)
		Y=10μm	0.021λ	0.019λ
波長特性 WFE_rms	+10nm	Y=0μm	0.044λ (2.35mm)	0.002λ (1.57mm)
		Δf_B(μm)	+4.90	+0.82
	−10nm	Y=0μm	0.045λ (2.39mm)	0.002λ (1.47mm)
		Δf_B(μm)	−5.47	−0.86
温度特性 WFE_rms	+30℃	Y=0μm	0.061λ (2.22mm)	0.006λ (1.57mm)
	−30℃		0.081λ (2.55mm)	0.004λ (1.45mm)

注)表中カッコ内の数字は球面収差補正手段，および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【０１８５】尚、球面収差の変動を補正する手段としての負レンズ５に入射する光束は、上述した実施例のように平行光だけでなく、発散光あるいは収斂光であっても、本発明の光学系を同様に適用することができ。また、本実施例では図示していないが、光源と球面収差補正手段の間に、光源からの光束の発散度を変えるカップリングレンズを設けることができる。かかるカップリングレンズに回折面を付加して、長波長側でバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすることで、対物レンズで発生する軸上色収差を補正できる。

【０１８６】本発明による光学系に用いるカップリングレンズは、上記の形態に限らず、同一出願人による特願２０００－０６０８４３号にあるようなものであれば、対物レンズ３で発生する軸上色収差をより良好に補正できる。

【０１８７】また、上記カップリングレンズと球面収差の変動を補正する手段（負レンズ５、正レンズ４）の間に、光源からの光束の非点隔差を緩和し、球面収差補正手段にほぼ円形の光束を入射させることができるビーム整形素子を設ける場合、温湿度変化に起因するカップリングレンズの焦点移動により、カップリングレンズからの光束の発散度が変わって、上記ビーム整形素子により非点収差が発生してしまう。これを抑えるためには、同一出願人による特願２０００－０５３８５８号にあるようなカップリングレンズを用いることで、ビーム整形素子による非点収差の発生を抑えることができる。

【０１８８】尚、実施例４、５において、光源波長６５５ｎｍ、透明基板厚０．６ｍｍの光情報記録媒体に対する収差図は、ＮＡ０．６５まで図示している。しかし、この時、対物レンズ３には光源波長４０５ｎｍ、ＮＡ０．８５で決まる絞りを全て通過する光束が入射している。結像に寄与しないＮＡ０．６５以上の光束は、対物レンズ３に設けた回折面の効果を利用してフレア成分とすることで、情報記録面上でスポット径がしぼられ過ぎず、光ピックアップ装置の受光素子での不要信号の検出を防止することが出来る。

【０１８９】（実施例６）表１１に、実施例６における、負レンズ５、正レンズ４、対物レンズ３からなる光学系に関するデータを示す。

【表１１】

73　　74

実施例６
λ１ 405nm
NA 0.85

		r(mm)	d(mm)	$N_{\lambda 1}$	νd
1(非球面1)	球面収差補正手段	-5.556	0.800	1.52524	56.5
2(非球面2)		5.279	1.000		
3(非球面3)		12.098	1.200	1.52524	56.5
4(非球面4, 回折面1)		-6.085	1.000		
5(絞り)		∞	0.000		
6(非球面5)	対物レンズ	1.225	2.845	1.52524	56.5
7(非球面6)		-0.763	0.292		
8	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
9		∞	0.000		

非球面1
K　-0.057258
A_4　-0.145908E-02
A_6　0.652770E-02
A_8　-0.253887E-02
A_{10}　-0.322205E-02

非球面2
K　4.075934
A_4　0.363395E-02
A_6　-0.226920E-02
A_8　-0.283908E-02
A_{10}　-0.304265E-03

非球面3
K　5.325081
A_4　0.106266E-03
A_6　-0.548799E-04
A_8　0.147470E-03
A_{10}　0.406508E-03
A_{12}　-0.127769E-03

非球面4
K　1.1373
A_4　-1.4644E-03
A_6　4.4031E-04
A_8　2.4780E-04
A_{10}　4.4028E-05
A_{12}　-1.3327E-05

回折面1
b_2　-1.0000E-02
b_4　-4.9385E-04
b_6　2.4343E-04
b_8　1.1215E-04
b_{10}　-2.7349E-05

非球面5
K　-0.699712
A_4　0.166009E-01
A_6　0.209051E-02
A_8　0.157932E-02
A_{10}　0.212509E-03
A_{12}　-0.344184E-03
A_{14}　0.119417E-04
A_{16}　0.577745E-04
A_{18}　0.409188E-04
A_{20}　-0.257292E-04

非球面6
K　-20.033672
A_4　0.331327
A_6　-0.881378
A_8　0.965015
A_{10}　-0.412771
A_{12}　-0.252257E-03
A_{14}　-0.110756E-09
A_{16}　-0.168821E-10
A_{18}　-0.253030E-11
A_{20}　-0.370376E-12

【０１９０】図１６は、実施例６に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。図１７は、対物レンズ３にかかる球面収差図である。実施例６においては、波長４０５ｎｍの第１光源１１と、対物レンズ３の像側開口数ＮＡ０．８５との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例６においては、正レンズ４の光情報記録媒体側の面に回折面を付加し、長波長側でバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすることで、対物レンズ３の軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、ｆＮ＝－５．０３（ｍｍ）、ｆＰ＝６．８１（ｍｍ）であり、ｆ＝１．７６５（ｍｍ）である。

【０１９１】本実施例における光源波長変動あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正については実施例１と同様なので、説明は省略する。表１２から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ３、負レンズ５、正レンズ４にプラスチック材料を用いることで、光学系

75　　76

の軽量化・可動機構への負担の軽減を図っている。　　【表１２】

実施例6

像高特性 WFE_rms		Y=0μm Y=10μm	0.008λ (1.00mm) 0.017λ
波長特性 WFE_rms	+10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.009λ (0.94mm) +3.01
	−10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.009λ (1.06mm) −3.71
温度特性 WFE_rms	+30℃ −30℃	Y=0μm	0.005λ (0.93mm) 0.016λ (1.07mm)

注）表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【０１９２】（実施例７）表１３に、実施例７における、負レンズ５、正レンズ４、対物レンズ３からなる光学系に関するデータを示す。　　【表１３】

77　　78

実施例７
λ１ 405nm
NA 0.85

		r(mm)	d(mm)	$N_{\lambda 1}$	νd
1(非球面1)	球面収差補	-6.790	0.800	1.52524	56.5
2(非球面2)	正手段	4.293	1.000		
3(非球面3，回折面1)		6.556	1.200	1.52524	56.5
4(非球面4，回折面2)		-10.777	1.000		
5(絞り)		∞	0.000		
6(非球面5)	対物レンズ	1.225	2.845	1.52524	56.5
7(非球面6)		-0.763	0.292		
8	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
9		∞	0.000		

非球面1
K　0.634005
A_4　-0.804474E-03
A_6　0.326482E-02
A_8　-0.110780E-02
A_{10}　-0.217617E-02

非球面2
K　0.590931
A_4　0.144067E-02
A_6　-0.312725E-02
A_8　-0.220735E-02
A_{10}　-0.312725E-04

非球面3
K　0.93184
A_4　1.4794E-04
A_6　-2.3068E-05
A_8　3.0510E-04
A_{10}　-4.1373E-05

回折面1
b_2　-8.0000E-03
b_4　2.6613E-04
b_6　7.4575E-05
b_8　-1.5801E-04
b_{10}　4.6719E-05

非球面4
K　0.00000
A_4　-1.1187E-03
A_6　6.8043E-04
A_8　3.6672E-04
A_{10}　-2.5516E-05

回折面2
b_2　-8.0000E-03
b_4　-2.5988E-04
b_6　3.7767E-04
b_8　5.6699E-05
b_{10}　-4.2627E-05

非球面5
K　-0.699712
A_4　0.166009E-01
A_6　0.209051E-02
A_8　0.157932E-02
A_{10}　0.212509E-03
A_{12}　-0.344184E-03
A_{14}　0.119417E-04
A_{16}　0.577745E-04
A_{18}　0.409189E-04
A_{20}　-0.257292E-04

非球面6
K　-20.033672
A_4　0.331327
A_6　-0.881378
A_8　0.965015
A_{10}　-0.412771
A_{12}　-0.252257E-03
A_{14}　-0.110756E-09
A_{16}　-0.168921E-10
A_{18}　-0.253030E-11
A_{20}　-0.370376E-12

【０１９３】図１８は、実施例７に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。図１９は、対物レンズ３にかかる球面収差図である。実施例７においては、波長４０５ｎｍの第１光源１１と、対物レンズ３の像側開口数ＮＡ０．８５との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例７においては、正レンズ４の両面に回折面を付加し、長波長側でバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすることで、対物レンズ３の軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、ｆＮ＝－４．８９（ｍｍ）、ｆＰ＝５．８３（ｍｍ）であり、ｆ＝１．７６５（ｍｍ）である。

【０１９４】本実施例における光源波長変動あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正については実施例１と同様なので、説明は省略する。表１４から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ３、負レンズ５、正レンズ４にプラスチック材料を用いることで、光学系

の軽量化・可動機構への負担の軽減を図っている。　　【表１４】

実施例7

像高特性 WFE_rms		Y=0μm Y=10μm	0.008λ(1.00mm) 0.017λ
波長特性 WFE_rms	+10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.007λ(0.95mm) +0.83
	−10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.010λ(1.05mm) −1.21
温度特性 WFE_rms	+30℃ −30℃	Y=0μm	0.008λ(0.96mm) 0.019λ(1.05mm)

注）表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【０１９５】（実施例８）表１５に、実施例８における、負レンズ５、正レンズ４、対物レンズ３からなる光学系に関するデータを示す。　　【表１５】

実施例８
λ１405nm
NA 0.85

		r(mm)	d(mm)	$N_{\lambda 1}$	νd
1(非球面1, 回折面1)	球面収差補正手段	-4.781	0.800	1.52524	56.5
2(非球面2, 回折面2)		6.136	1.000		
3(非球面3, 回折面3)		23.371	1.200	1.52524	56.5
4(非球面4, 回折面4)		-5.587	1.000		
5(絞り)		∞	0.000		
6(非球面5)	対物レンズ	1.225	2.845	1.52524	56.5
7(非球面6)		-0.763	0.292		
8	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
9		∞	0.000		

非球面1		回折面1	
K	-0.050935	b_2	-5.0000E-03
A_4	-2.5616E-04	b_4	3.7218E-04
A_6	2.7394E-03	b_6	-1.2852E-03
A_8	-6.0432E-04	b_8	2.6841E-04
A_{10}	-1.0412E-03	b_{10}	1.3279E-05
A_{12}	-8.5430E-4		

非球面2		回折面2	
K	2.6184	b_2	-5.0000E-03
A_4	1.4026E-03	b_4	1.2462E-03
A_6	-9.4636E-04	b_6	1.5780E-04
A_8	-1.0317E-03	b_8	9.3292E-05
A_{10}	-7.0065E-04	b_{10}	-2.4899E-04
A_{12}	1.5929E-04		

非球面3		回折面3	
K	14.820	b_2	-5.0000E-03
A_4	1.0852E-04	b_4	-8.2303E-05
A_6	-2.9939E-05	b_6	6.1288E-05
A_8	-5.0939E-06	b_8	7.9837E-05
A_{10}	9.7674E-05	b_{10}	-5.3480E-05
A_{12}	-50172E-05		

非球面4		回折面4	
K	0.75821	b_2	-5.0000E-03
A_4	-7.7515E-04	b_4	-5.1145E-04
A_6	2.5752E-04	b_6	6.4747E-05
A_8	2.1177E-04	b_8	3.7761E-05
A_{10}	2.3135E-05	b_{10}	-1.4265E-05
A_{12}	-1.8245E-05		

非球面5	
K	-0.699712
A_4	0.166009E-01
A_6	0.209051E-02
A_8	0.157932E-02
A_{10}	0.212509E-03
A_{12}	-0.344184E-03
A_{14}	0.119417E-04
A_{16}	0.577745E-04
A_{18}	0.409188E-04
A_{20}	-0.257292E-04

非球面6	
K	-20.033672
A_4	0.331327
A_6	-0.881378
A_8	0.965015
A_{10}	-0.412771
A_{12}	-0.252257E-03
A_{14}	-0.110756E-09
A_{16}	-0.158921E-10
A_{18}	-0.253030E-11
A_{20}	-0.370376E-12

【０１９６】図２０は、実施例８に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。図２１は、対物レンズ３にかかる球面収差図である。実施例８においては、波長４０５ｎｍの第１光源１１と、対物レンズ３の像側開口数ＮＡ０．８５との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例８においては、負レンズ５及び正レンズ４の両面に回折面を付加し、長波長側でバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすることで、対物レンズ３の軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、ｆＮ＝－５．５４（ｍｍ）、ｆＰ＝７．４２（ｍｍ）であり、ｆ＝１．７６５（ｍｍ）である。

【０１９７】本実施例における光源長変動あるいは温度変化時の球面収差の補正については、実施例１と同様なので説明は省略する。表１６から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ３、負レンズ５、正レンズ４にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・可動機構への負担の軽減を図っている。

【表１６】

実施例８

像高特性 WFE_rms		Y=0μm Y=10μm	0.009λ (1.00mm) 0.017λ
波長特性 WFE_rms	+10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.008λ (0.95mm) +0.83
	−10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.013λ (1.06mm) −1.21
温度特性 WFE_rms	+30℃ −30℃	Y=0μm	0.007λ (0.92mm) 0.022λ (1.08mm)

注）表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【０１９８】（実施例９）表１７に、実施例９における　10　学系に関するデータを示す。る、負レンズ５、正レンズ４、対物レンズ３からなる光　　【表１７】

実施例９
λ１405nm
NA 0.85

		r(mm)	d(mm)	$N_{\lambda 1}$	νd
1(非球面1)	球面収差補正手段	−4.940	0.800	1.61949	30.0
2(非球面2)		5.707	1.000		
3(非球面3)		8.857	1.200	1.52524	56.5
4(非球面4, 回折面1)		−5.570	1.000		
5(絞り)		∞	0.000		
6(非球面5)	対物レンズ	1.225	2.845	1.52524	56.5
7(非球面6)		−0.763	0.292		
8	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
9		∞	0.000		

非球面1
K　0.747423
A_4　−0.105216E−02
A_6　0.183191E−02
A_8　−0.742838E−03
A_{10}　−0.18234E−02

非球面2
K　0.205271
A_4　0.217539E−03
A_6　−0.128316E−02
A_8　−0.889776E−03
A_{10}　−0.469136E−03

非球面3
K　1.131657
A_4　0.241421E−03
A_6　−0.136517E−04
A_8　−0.539496E−04
A_{10}　0.314626E−04
A_{12}　−0.479376E−04

非球面4
K　0.12541
A_4　−1.4163E−04
A_6　1.3196E−04
A_8　7.6296E−05
A_{10}　−3.7917E−06
A_{12}　−2.3746E−05

回折面1
b_2　−1.0000E−02
b_4　−5.6488E−05
b_6　8.3393E−05
b_8　6.8215E−05
b_{10}　−4.8027E−06

非球面5
K　−0.699712
A_4　0.166009E−01
A_6　0.209051E−02
A_8　0.157932E−02
A_{10}　0.212509E−03
A_{12}　−0.344184E−03
A_{14}　0.119417E−04
A_{16}　0.577745E−04
A_{18}　0.409189E−04
A_{20}　−0.257292E−04

非球面6
K　−20.033672
A_4　0.331327
A_6　−0.881378
A_8　0.965015
A_{10}　−0.412771
A_{12}　−0.252257E−03
A_{14}　−0.110756E−09
A_{16}　−0.188921E−10
A_{18}　−0.253030E−11
A_{20}　−0.370376E−12

【０１９９】図２２は、実施例９に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。図２３は、対物レンズ３にかかる球面収差図である。実施例９においては、波長４０５ｎｍの第１光源１１と、対物レンズ３の像側開口数ＮＡ０．８５との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例９においては、正レンズ４の光情報記録媒体側の面に回折面を付加し、長波長側でバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすることで、対物レンズ３の軸上色収差を補正している。また、上記球面収差補正手段の負レンズ５及び正レンズ４の材料として、それぞれＮ＝３０．０、Ｐ＝５６．５の材料を選ぶことで、より良好に対物レンズの軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、ｆＮ＝－４．１５（ｍｍ）、ｆＰ＝５：９１（ｍｍ）であり、ｆ＝１．７６５（ｍｍ）である。

【０２００】本実施例における光源波長変動あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正については実施例１と同様なので、説明は省略する。表１８から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ３、負レンズ５、正レンズ４にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・可動機構への負担の軽減を図っている。

【表１８】

実施例9

像高特性 WFE_rms		Y=0μm Y=10μm	0.006λ (1.00mm) 0.016λ
波長特性 WFE_rms	+10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.006λ (0.95mm) +0.65
	−10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.007λ (1.05mm) −0.95
温度特性 WFE_rms	+30℃ −30℃	Y=0μm	0.005λ (0.95mm) 0.012λ (1.05mm)

注）表中カッコ内の数字は球面収差補正手段，および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【０２０１】（実施例１０）表１９に、実施例１０における、負レンズ５、正レンズ４、対物レンズ３からなる光学系に関するデータを示す。

【表１９】

実施例10
λ1 405nm
NA 0.85

		r(mm)	d(mm)	$N_{\lambda 1}$	νd
1(非球面1)	球面収差補正手段	−17.882	0.800	1.66846	24.3
2(非球面2)		7.461	1.500		
3(回折面1)		7.218	1.200	1.52491	56.5
4(回折面2)		∞	2.500		
5(絞り)		∞	−1.000		
6(非球面3)	対物レンズ	1.194	2.650	1.52491	56.5
7(非球面4)		−0.975	0.355		
8	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
9		∞	0.000		

非球面係数

非球面1		非球面2	
K	−180.985319	K	6.460482
A_4	0.213341E−02	A_4	0.303589E−02
A_6	−0.309153E−03	A_6	−0.127523E−02
A_8	−0.923448E−03	A_8	−0.661011E−03
A_{10}	0.434595E−03	A_{10}	0.354629E−03

非球面3		非球面4	
K	−0.683354	K	−21.704418
A_4	0.162029E−01	A_4	0.308021
A_6	0.154908E−02	A_6	−0.639499
A_8	0.289288E−02	A_8	0.585364
A_{10}	−0.367711E−03	A_{10}	−0.215623
A_{12}	−0.358222E−03	A_{12}	−0.252265E−03
A_{14}	0.148419E−03		
A_{16}	0.119803E−03		
A_{18}	−0.302302E−04		
A_{20}	−0.110520E−04		

回折面係数

回折面1		回折面2	
b_2	−6.7880E−03	b_2	−9.7794E−03
b_4	−1.2066E−04	b_4	5.1838E−04

【０２０２】図２４は、実施例１０に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図であ

る。図２５は、対物レンズ３にかかる球面収差図である。実施例１０においては、波長４０５ｎｍの第１光源１１と、対物レンズ３の像側開口数ＮＡ０．８５との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例１０においては、正レンズ４の両面に回折面を付加し、長波長側でバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすることで、対物レンズ３の軸上色収差を補正している。このとき、対物レンズ３と、球面収差補正手段としての負レンズ５及び正レンズ４とを合わせた合成系の軸上色収差を補正過剰とすることで、図２５に示されているように、第１光源１１の発振波長（４０５ｎｍ）の球面収差カーブと長・短波長側の球面収差カーブとを交差させている。これにより、光源のモードホップ現象や高周波重畳時の波面収差の劣化が非常に小さく、例えば、光源の発振波長が微小変動した際でも、最適書き込み位置の移動を小さく抑えることができる。さらに、球面収差補正手段としての可動要素である負レンズ５を両面非球面レンズとしたことで、負レンズ５の偏芯やトラッキングエラー時の波面収差の劣化を小さく抑えている。また、負レンズ５及び正レンズ４の材料として、それぞれνｄＮ＝２４．３、νｄＰ＝５６．５の材料を選ぶことで、対物レンズ３の軸上色収差を補正しており、正レンズ４に付加した回折構造の負担を軽減している。また、本実施例においては、ｆＮ＝－７．７８（ｍｍ）、ｆＰ＝９．９５（ｍｍ）であり、ｆ＝１．７６５（ｍｍ）である。

【０２０３】本実施例では、光束を規制する絞りを、対物レンズ３の光源側の面の頂点より光情報記録媒体側に配置しているので、発散光束が入射する場合に、対物レンズ３の最も光源側の面の光線通過高さを小さく抑えることができる。これは、対物レンズ３の小径化、あるいは収差補正上も好ましい。

【０２０４】本実施例における光源の波長変動あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正については実施例１と同様なので、説明は省略する。表２０から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ３、負レンズ５、正レンズ４にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化、可動機構への負担の軽減を図っている。また、短波長の光に対して透過率が高いプラスチック材料を用いているので、安価に大量生産でき、かつ光の利用効率の高い光学系を達成している。なお、可動機構は、本明細書中の実施例では、負レンズ５の変移装置及び対物レンズ３のフォーカシング機構である。

【表２０】

実施例10

像高特性 WFE_rms		Y=0μm Y=10μm	0.004λ (1.50mm) 0.011λ
波長特性 WFE_rms	+10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.004λ (1.29mm) -0.94
	-10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.010λ (1.72mm) +0.82
温度特性 WFE_rms	+30℃ -30℃	Y=0μm	0.013λ (1.26mm) 0.023λ (1.76mm)

注）表中カッコ内の数字は球面収差補正手段，および発散度変更手段の負-正レンズ間の間隔を表す

【０２０５】なお、本実施例においては、図２５には図示していないが、図１の実施の形態に示したように、実際の光ピックアップ装置では、光源と球面収差補正手段との間にコリメータ等のカップリングレンズが設けられている。その場合に、カップリングレンズで発生する軸上色収差も本実施例の構成によって補正することができ、色収差が良好な集光光学系を得ることができる。

【０２０６】更にまた、光情報記録媒体の片面に第１情報記録層と第２情報記録層との２つの相変化膜を設け、それぞれに情報の記録を行うことで、光情報記録媒体の記録容量を略２倍に高めた、いわゆる２層記録方式の光情報記録媒体が知られているが、本実施例のものは、そのような２層記録方式の光情報記録媒体に対して情報の記録又は再生を行うことにも適用することができ、各情報記録層の情報記録面まで厚さの違いによって発生する球面収差を補正することができる。たとえば、光情報記録媒体の表面側から順に第１情報記録層、第２情報記録層としたすると、図２６に示すように、球面収差補正手段としての負レンズ５と正レンズ４との間隔を小さくすることにより、第２情報記録層の情報記録面に対して情報の記録又は再生をすることができる。

【０２０７】（実施例１１）表２１に、実施例１１における、負レンズ５、正レンズ４、対物レンズ３からなる光学系に関するデータを示す。

【表２１】

89　　90

実施例11
λ1 405nm
NA 0.85

面No		r(mm)	d(mm)	$N_{\lambda 1}$	ν d
1 （非球面1）	球面収差補正手段	−11.505	0.800	1.52491	56.5
2 （非球面2）		7.202	3.000		
3		∞	1.200	1.52491	56.5
4		−6.458	3.000		
5 （絞り）			0.000		
6 （非球面3，回折面1）	対物レンズ	1.258	2.620	1.52491	56.5
7 （非球面4）		−1.023	0.330		
8	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
9		∞			

非球面係数
非球面1
κ=−47.861166
A_4=0.401592×10^{-2}
A_6=0.290527×10^{-2}
A_8=0.694294×10^{-3}
A_{10}=−0.493101×10^{-2}

非球面2
κ=11.392515
A_4=0.273498×10^{-2}
A_6=0.238867×10^{-2}
A_8=−0.86487×10^{-3}
A_{10}=−0.324593×10^{-2}

非球面3
κ=−7.0631×10^{-1}
A_4=1.8891×10^{-2}
A_6=−1.2594×10^{-3}
A_8=4.3129×10^{-3}
A_{10}=−3.1523×10^{-4}
A_{12}=−8.1023×10^{-4}
A_{14}=6.1785×10^{-5}
A_{16}=1.7038×10^{-4}
A_{18}=−7.7915×10^{-5}
A_{20}=−1.8397×10^{-5}

非球面4
κ=−32.230932
A_4=0.202088
A_6=−0.395843
A_8=0.286204
A_{10}=−0.715179×10^{-1}
A_{12}=−0.252269×10^{-3}

回折面係数
回折面1
b_2=−1.7601×10^{-2}
b_4=−2.3203×10^{-3}
b_6=−2.1892×10^{-4}
b_8=−2.4765×10^{-5}
b_{10}=−9.4777×10^{-6}

【０２０８】図２７は、実施例１１に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。図２８は、対物レンズ３にかかる球面収差図である。実施例１１においては、波長４０５ｎｍの第１光源１１と、対物レンズ３の像側開口数ＮＡ０．８５との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例１１においては、対物レンズ３の光源側の面に回折面を付加し、長波長側でバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすることで、対物レンズ３の軸上色収差を補正している。さらに、球面収差補正手段としての可動要素である負レンズ５を両面非球面レンズとしたことで、負レンズ５の偏芯やトラッキングエラー時の波面収差の劣化を小さく抑えている。また、本実施例においては、ｆＮ＝－８．３２（ｍｍ）、ｆＰ＝１２．３０（ｍｍ）であり、ｆ＝１．７６５（ｍｍ）、ｆＤ＝２８．４１７（ｍｍ）である。

【０２０９】本実施例における光源の波長変動あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正については実施例１と同様なので、説明は省略する。表２２から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ３、負レンズ５、正レンズ４にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化、可動機構への負担の軽減を図っている。また、短波長の光に対して透過率が高いプラスチック材料を用いているので、安価に大量生産でき、かつ光の利用効率の高い光学系を達成している。

【表２２】

実施例11

像高特性 WFE_rms		Y=0μm Y=10μm	0.008λ(3.00mm) 0.011λ
波長特性 WFE_rms	+10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.007λ(3.01mm) +0.12
	−10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.009λ(2.99mm) −0.36
温度特性 WFE_rms	+30℃ −30℃	Y=0μm	0.016λ(2.80mm) 0.029λ(3.21mm)

注)表中カッコ内の数字は球面収差補正手段，および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【０２１０】（実施例１２）表２３に、実施例１２における、負レンズ５、正レンズ４、対物レンズ３からなる光学系に関するデータを示す。

【表２３】

実施例12
λ1 405nm　NA1 0.85
λ2 655nm　NA2 0.65

面No		r(mm)	d(mm)	$N_{\lambda1}$	ν d
1（非球面1）	球面収差補正手段	−14.461	1.000	1.52491	56.5
2（非球面2）		4.488	(可変間隔1)		
3（非球面3）		5.518	1.500	1.52491	56.5
4		∞	1.700		
5（絞り）			−0.700		
3（非球面4，回折面1）	対物レンズ	1.203	2.497	1.52491	56.5
4（非球面5）		−1.207	(可変間隔2)		
5	透明基板	∞	(可変間隔3)	1.61950	30.0
6		∞			

非球面係数

非球面1
κ=−303.128595
A_4=0.708258×10^{-2}
A_6=−0.189289×10^{-1}
A_8=0.190213×10^{-1}
A_{10}=−0.271581×10^{-2}

非球面2
κ=3.803233
A_4=0.588950×10^{-2}
A_6=−0.167364×10^{-1}
A_8=0.113657×10^{-1}
A_{10}=−0.615860×10^{-2}

非球面3
κ=1.837827
A_4=−0.395830×10^{-2}
A_6=0.115428×10^{-2}
A_8=−0.543755×10^{-3}
A_{10}=0.885518×10^{-4}

非球面4
κ=−6.8335×10^{-1}
A_4=1.6203×10^{-2}
A_6=1.5491×10^{-3}
A_8=2.8929×10^{-6}
A_{10}=−3.6771×10^{-6}
A_{12}=−3.5822×10^{-6}
A_{14}=1.4842×10^{-4}
A_{16}=1.1960×10^{-4}
A_{18}=−3.0230×10^{-5}
A_{20}=−1.1052×10^{-3}

非球面5
κ=−28.275787
A_4=0.291992
A_6=−0.513328
A_8=0.415634
A_{10}=−0.137436
A_{12}=−0.252285×10^{-3}

回折面係数
回折面1
b_2=−1.1002×10^{-2}
b_4=−1.9824×10^{-3}
b_6=3.3680×10^{-4}
b_8=−8.6861×10^{-5}
b_{10}=−4.2391×10^{-4}
b_{12}=2.2316×10^{-4}
b_{14}=−2.3482×10^{-5}
b_{16}=−9.2757×10^{-6}

	λ1	λ2
(可変間隔1)	4.000	0.335
(可変間隔2)	0.377	0.200
(可変間隔3)	0.100	0.600

【０２１１】図２９、３０は、実施例１２に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。図３１、３２は、異なる光情報記録媒体に対してそれぞれ、情報の記録又は再生を行う際における、対物レンズ３にかかる球面収差図である。実施例１２においては、同一光学系を用いて、波長４０５ｎｍの第１光源１１と、透明基板厚０．１ｍｍの光情報記録媒体との組み合わせ、又は波長６５５ｎｍの第２光源１１と、透明

基板厚０．６ｍｍの光情報記録媒体との組み合わせにより情報の記録又は再生を行う光ピックアップ装置の例である。実施例１２においては、対物レンズ３の光源側の面に回折構造を設けることにより、透明基板厚の違いにより発生する球面収差および色の球面収差とを補正している。具体的には、球面収差補正手段としての負レンズ５が光軸方向に動かすことで、光情報記録媒体の透明基板厚に対応して対物レンズ３に入射される光束の発散角を変えることにより行う。また、本実施例においては、ｆＮ＝－６．３９（ｍｍ）、ｆＰ＝１０．５１（ｍｍ）であり、ｆ１＝１．７６５（ｍｍ）、ｆＤ１＝４５．４６（ｍｍ）である。なお、発振波長λ２＝６５５ｎｍにおける対物レンズの焦点距離は、ｆ２＝１．７９である。

【０２１２】本実施例における光源の波長変動あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正については実施例１と同様なので、説明は省略する。表２４から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ３、負レンズ５、正レンズ４にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化、可動機構への負担の軽減を図っている。また、短波長の光に対して透過率が高いプラスチック材料を用いているので、安価に大量生産でき、かつ光の利用効率の高い光学系を達成している。

【表２４】

実施例12

			405nm NA 0.85	655nm NA 0.65
像高特性 WFE_rms		Y=0μm	0.005λ (4.00mm)	0.002λ (0.33mm)
		Y=10μm	0.033λ	0.014λ
波長特性 WFE_rms	+10nm	Y=0μm	0.011λ (4.01mm)	0.002λ (0.35mm)
		Δf_B(μm)	+1.45	−1.28
	−10nm	Y=0μm	0.007λ (3.99mm)	0.003λ (0.32mm)
		Δf_B(μm)	−1.28	+1.28
温度特性 WFE_rms	+30℃	Y=0μm	0.016λ (3.85mm)	0.005λ (0.33mm)
	−30℃		0.026λ (4.17mm)	0.004λ (0.34mm)

注）表中カッコ内の数字は球面収差補正手段，および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【０２１３】尚、実施例４、５と同様に、光源波長６５５ｎｍ、透明基板厚０．６ｍｍの光情報記録媒体に対するＮＡ０．６５以上の光束は、対物レンズ３に設けた回折面の効果を利用してフレア成分とすることで、情報記録面上でスポット径がしぼられ過ぎず、光ピックアップ装置の受光素子での不要信号の検出を防止することが出来る。

【０２１４】（実施例１３）表２５に、実施例１３における、カップリングレンズ２１又はカップリングレンズ１５、２１に対応するコリメータ、負レンズ５、正レンズ４、対物レンズ３からなる光学系に関するデータを示す。

【表２５】

95　　96

実施例13
λ1 405nm
NA 0.85

面No		r(mm)	d(mm)	$N_{\lambda 1}$	νd
	光源		11.450		
1(非球面1)	カップリング	19.575	1.200	1.52491	56.5
2(非球面2)	レンズ	-9.091	d2(可変)		
3(非球面3)		-7.656	0.800	1.52491	56.5
4(非球面4)	球面収差	21.842	d4(可変)		
5(回折面1)	補正手段	∞	1.200	1.52491	56.5
6(回折面2)		-22.590	2.500		
7(絞り)		∞	0.000		
8(非球面5)	対物レンズ	1.194	2.850	1.52491	56.5
9(非球面6)		-0.975	0.355		
10	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
11		∞	0.000		

非球面係数

非球面1		非球面2	
K	117.804975	K	-6.746782
A_4	0.329240E-02	A_4	0.111141E-02
A_6	-0.182464E-02	A_6	0.282880E-02
A_8	0.140707E-02	A_8	-0.449522E-03
A_{10}	-0.640870E-03	A_{10}	-0.118579E-03

非球面3		非球面4	
K	-19.770711	K	105.955239
A_4	-0.749547E-03	A_4	0.446828E-02
A_6	0.187767E-02	A_6	-0.226237E-02
A_8	0.123312E-03	A_8	0.112349E-02
A_{10}	0.333580E-03	A_{10}	0.112686E-03

非球面5		非球面6	
K	-0.683354	K	-21.704418
A_4	0.182029E-01	A_4	0.308021
A_6	0.154906E-02	A_6	-0.639499
A_8	0.289288E-02	A_8	0.585364
A_{10}	-0.367711E-03	A_{10}	-0.215623
A_{12}	-0.358222E-03	A_{12}	-0.252265E-03
A_{14}	0.148419E-03		
A_{16}	0.119603E-03		
A_{18}	-0.302302E-04		
A_{20}	-0.110520E-04		

回折面係数

回折面1		回折面2	
b_2	-1.0609E-02	b_2	-1.6184E-02
b_4	-6.4692E-04	b_4	5.9162E-04

【０２１５】図３３は、実施例１３に係るコリメータ、負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。図３４は、対物レンズ３にかかる球面収差図である。実施例１３においては、波長４０５ｎｍの第１光源１１と、対物レンズ３の像側開口数ＮＡ０．８５との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例１３においては、球面収差補正手段中の負レンズ５を光軸方向に沿って変移することで、対物レンズ３に入射する光束の発散角を変化させ、集光光学系（コリメータ及び対物レンズ３）の各光学面で発生する球面収差の変動を補正するようにした。また、本実施例においては、ｆＮ＝－１０．７１（ｍｍ）、ｆＰ＝１３．１８（ｍｍ）であり、ｆ＝１．７６５（ｍｍ）である。

【０２１６】また、正レンズ４の両面に回折面を付加し、球面収差補正手段自体では集光光学系の光学面で発生する軸上色収差とは逆の極性の軸上色収差を発生させることで、集光光学系の光学面で発生する軸上色収差を補正し、情報記録面上に焦点を結んだときの波面の軸上色収差を良好にした。本実施例の集光光学系において、その光学素子であるコリメータと対物レンズ３で発生する軸上色収差量をそれぞれΔｆＢ１、ΔｆＢ２として、その比を概略的に求めてみたところ、コリメータの焦点距離は１２ｍｍ、球面収差補正手段の倍率は１．２３倍、対物レンズの諸点距離は１．７６５ｍｍであるので、ΔｆＢ１／ΔｆＢ２＝１／３０となる。すなわち、球面収差補正手段で発生させる逆極性の軸上色収差の絶対値を対物レンズで発生する軸上色収差の絶対値とほぼ同じにすると、情報記録面上に焦点を結んだときの波面の軸上色収差を良好にできる。このとき、集光光学系と、球面収差補正手段としての負レンズ５及び正レンズ４とを合わせた合成系の軸上色収差を補正過剰とすることで、図３４に示されているように、第１光源１１の発振波長（４０５ｎｍ）の球面収差カーブと長・短波長側

の球面収差カーブとを交差させている。これにより、光源のモードホップ現象や高周波重畳時の波面収差の劣化が非常に小さく、例えば、光源の発振波長が微小変動した際でも、最適書き込み位置の移動を小さく抑えることができる。さらに、球面収差補正手段中の可動要素である負レンズ５を両面非球面レンズとしたことで、負レンズ５の偏芯やトラッキングエラー時の波面収差の劣化を小さく抑えている。

【０２１７】表２６から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時等、様々な要因により集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正でき、良好な球面収差となっている。また、集光光学系を構成するコリメータ及び対物レンズ３、および球面収差補正手段を構成する負レンズ５及び正レンズ４の全てをプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化、可動機構への負担の軽減を図っている。また、短波長の光に対して透過率が高いプラスチック材料を用いているので、安価に大量生産でき、かつ光の利用効率の高い光学系を達成している。

【表２６】

実施例13

球面収差変動の原因			補正後の波面収差	d2(可変)	d4(可変)
基準状態 (λ=405nm, T=25℃)		Y=0μm Y=10μm	0.005λ 0.011λ	3.000	1.500
波長特性 WFE_rms	+10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.005λ -0.90	3.336	1.164
	-10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.009λ +0.66	2.623	1.377
温度特性(注) WFE_rms	+30℃ -30℃	Y=0μm	0.007λ 0.019λ	3.363 2.587	1.137 1.913

(注)温度変化時の光源の発振波長変化量 Δλ = +0.05nm／℃

【０２１８】なお、本実施例においては、球面収差補正手段中の負レンズ５を変移可能としたが、正レンズ４を変移可動としても良く、また、両レンズを変移可能としても、同様に集光光学系の球面収差の変動を補正することができる。また、本実施例においては、球面収差補正手段中の正レンズ４に設けた回折構造により集光光学系と球面収差補正手段の軸上色収差を補正するようにしたが、回折構造を他のレンズの面に設けてもよく、他に回折構造を設けた面を有する光学素子を別途付加してもよい。

【０２１９】（実施例１４）表２７に、実施例１４における、カップリングレンズ１５、負レンズ５、正レンズ４、対物レンズ３からなる光学系に関するデータを示す。

【表２７】

99　　100

実施例14
λ1 405nm
NA 0.85

面No		r(mm)	d(mm)	$N_{\lambda 1}$	νd
	光源		9.300		
1	カップリング	∞	1.000	1.52491	56.5
2(非球面1)	レンズ	-10.078	d2(可変)		
3(非球面2)		-7.701	0.800	1.52491	56.5
4	球面収差	∞	d4(可変)		
5(回折面1)	補正手段	∞	1.200	1.52491	56.5
6(回折面2)		-15.928	2.500		
7(絞り)		∞	0.000		
8(非球面3)	対物レンズ	1.194	2.850	1.52491	56.5
9(非球面4)		-0.975	0.355		
10	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
11		∞	0.000		

非球面係数

非球面1		非球面2	
K	18.245912	K	-5.052928
A_4	-0.281317E-02	A_4	-0.433879E-02
A_6	0.530301E-02	A_6	0.267506E-02
A_8	-0.297176E-02	A_8	-0.141281E-02
A_{10}	0.962648-03	A_{10}	0.388234-03

非球面3		非球面4	
K	-0.683354	K	-21.704418
A_4	0.162029E-01	A_4	0.308021
A_6	0.154908E-02	A_6	-0.639499
A_8	0.289288E-02	A_8	0.585364
A_{10}	-0.867711E-03	A_{10}	-0.215823
A_{12}	-0.358222E-03	A_{12}	-0.252265E-03
A_{14}	0.148419E-03		
A_{16}	0.118603E-03		
A_{18}	-0.302302E-04		
A_{20}	-0.110520E-04		

回折面係数

回折面1		回折面2	
b_2	-1.1850E-02	b_2	-1.5129E-02
b_4	-3.7111E-04	b_4	3.5690E-04

【０２２０】図３５は、実施例１４に係るカップリングレンズ１５、負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。本実施例のカップリングレンズ１５は、第１光源１１からの強い発散光束を弱い発散光束とする機能を有している。図３６は、対物レンズ３にかかる球面収差図である。実施例１４においては、波長４０５ｎｍの第１光源１１と、対物レンズ３の像側開口数ＮＡ０．８５との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例１４においては、球面収差補正手段中の負レンズ５を光軸方向に沿って変移することで、対物レンズ３に入射する光束の発散角を変化させ、集光光学系（カップリングレンズ１５及び対物レンズ３）の各光学面で発生する球面収差の変動を補正するようにした。また、本実施例においては、ｆＮ＝－１４．６７（ｍｍ）、ｆＰ＝１１．６６（ｍｍ）であり、ｆ＝１．７６５（ｍｍ）である。

【０２２１】また、正レンズ４の両面に回折面を付加し、球面収差補正手段自体では集光光学系の光学面で発生する軸上色収差とは逆の極性の軸上色収差を発生させることで、集光光学系の光学面で発生する軸上色収差を補正し、情報記録面上に焦点を結んだときの波面の軸上色収差を良好にした。このとき、集光光学系と、球面収差補正手段としての負レンズ５及び正レンズ４とを合わせた合成系の軸上色収差を補正過剰とすることで、図３６に示されているように、第１光源１１の発振波長（４０５ｎｍ）の球面収差カーブと長・短波長側の球面収差カーブとを交差させている。これにより、光源のモードホップ現象や高周波重畳時の波面収差の劣化が非常に小さく、例えば、光源の発振波長が微小変動した際でも、最適書き込み位置の移動を小さく抑えることができる。

【０２２２】表２８から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時等、様々な要因により集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正でき、良好な球面収差となっている。また、集光光学系を構成するカップリングレンズ１５及び対物レンズ３、および球面収差補正手段を構成する負レンズ５及び正レンズ４の全てをプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化、可動機構への負担の軽減を図っている。また、短波長の光に対して透過率が高いプラスチック材料を用いているので、安価に大量生産でき、かつ光の利用効率の高い光学系を達成している。さらに、本実施例においては、球面収差補正手段への入射光を弱い発散光束としたので、カップリングレンズ１５のパワーおよび球面収差補正手段中の負レンズ５のパワーが小さくてすみ、それぞれのレ

ンズの偏芯による波面収差の劣化を小さく抑えることができた。

【表２８】

実施例14

球面収差変動の原因			補正後の波面収差	d2(可変)	d4(可変)
基準状態 (λ=405nm, T=25℃)		Y=0μm Y=10μm	0.004λ 0.012λ	3.000	1.500
波長特性 WFE_rms	+10nm	Y=0μm ΔF_B(μm)	0.003λ −0.91	3.308	1.192
	−10nm	Y=0μm Δf_B(μm)	0.007λ +0.75	2.658	1.842
温度特性(注) WFE_rms	+30℃ −30℃	Y=0μm	0.008λ 0.016λ	3.338 2.622	1.162 1.878

(注)温度変化時の光源の発振波長変化量 Δλ = +0.05nm／℃

【０２２３】なお、本実施例においては、球面収差補正手段中の負レンズ５を変移可能としたが、正レンズ４を変移可動としても良く、また、両レンズを変移可能としても、同様に集光光学系の球面収差の変動を補正することができる。また、本実施例においては、球面収差補正手段中の正レンズ４に設けた回折構造により集光光学系と球面収差補正手段の軸上色収差を補正するようにしたが、回折構造を他のレンズの面に設けてもよく、他に回折構造を設けた面を有する光学素子を別途付加してもよい。

【０２２４】以上に例示した各実施例は、球面収差補正手段として、ビームエキスパンダーを用いたものであり、そのビームエキスパンダーとしては、変移可能な単玉負レンズと、単玉正レンズとから構成した例を示したが、勿論、それに限定されるものではなく、複数のレンズからなる２群又はそれ以上のレンズ群からなる構成であってもよく、本発明を逸脱しない限り、種々の変更が可能である。

【０２２５】図３７は、異なる実施の形態にかかる光学系を示す図である。カップリングレンズＣＬと、対物レンズＯＬとの間に、球面収差の変動を補正する素子ＳＥを挿入している。かかる光学系は、図１の負レンズ５，正レンズ４，対物レンズ３と置換されて用いられることが出来る。

【０２２６】素子ＳＥは、４枚のガラス板ＳＥ４の間に、カップリングレンズＣＬ側からＸ方向液晶素子ＳＥ１、１／２波長板ＳＥ２、Ｙ方向液晶素子ＳＥ３をそれぞれ挟んでいる。両液晶素子ＳＥ１，ＳＥ２を電気的に駆動させることによって、球面収差の変動の補正が可能である。更に、カップリングレンズＣＬにおける対物レンズ側の面に、輪帯状の回折構造（不図示）を設けることで、対物レンズＯＬで発生する軸上色収差とは逆位相の色収差、すなわち短波町側ではオーバー、長波長側ではアンダーな軸上色収差を発生させることが出来る。その結果、軸上色収差がキャンセルされるので、球面収差の変動を補正する素子ＳＥと対物レンズＯＬとを透過して、光情報記録媒体（不図示）上に焦点を結んだときの波面は、軸受色収差が小さく抑えられた状態となる。

【０２２７】図３８は、本実施の形態の変形例にかかる光学系を示す図である。図３８においては、対物レンズＯＬと、球面収差の変動を補正する素子ＳＥは、図３７に示す実施の形態と同一であるので説明を省略する。図３８においては、カップリングレンズＣＬが、負レンズＣＬ１と正レンズＣＬ２とを張り合わせた構成となっており、負レンズＣＬ１のアッベ数νｄＮと、正レンズＣＬ２のアッベ数νｄＰとは、νｄＮ＜νｄＰなる関係が成立している。

【０２２８】このように負レンズＣＬ１と正レンズＣＬ２のアッベ数を調整することで、対物レンズＯＬで発生する軸上色収差とは逆位相の色収差、すなわち短波町側ではオーバー、長波長側ではアンダーな軸上色収差を発生させることが出来る。その結果、軸上色収差がキャンセルされるので、球面収差の変動を補正する素子ＳＥと対物レンズＯＬとを透過して、光情報記録媒体（不図示）上に焦点を結んだときの波面は、軸受色収差が小さく抑えられた状態となる。

【０２２９】図３９は、本実施の形態の光ピックアップ装置に使用可能な対物レンズ３’を模式的に示した断面図（ａ）及び光源側から見た正面図（ｂ）である。〔一点鎖点は光軸を示している。〕

【０２３０】この対物レンズ３’は、異なる光情報記録媒体の透明基板の厚さの違いによる球面収差変動の補正を行うことが出来るものである。図３６において、光源側の屈折面Ｓ１及び光ディスク側の屈折面Ｓ２は共に非球面形状を呈した正の屈折力を有する凸レンズである。また、対物レンズの光源側の屈折面Ｓ１は、光軸と同心状に４つの分割面ｂ１～ｂ４から構成されている。分割面の境界は段差を設けて、それぞれの分割面を形成している。それに伴って、対物レンズの球面収差及び波面収差は上記境界部分に該当する箇所で段差を生じている。

【０２３１】通常の対物レンズでは、異なる光情報記録媒体の透明基板厚さの違いによる球面収差発生は避けられない。しかしながら、本実施の形態に使用される対物レンズ３’では完全な球面収差補正は出来ないものの、次に説明するように、かかる収差をより緩和するように設計されている。

【０２３２】まず、第１の光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う場合、最良像面位置において波面収差の球面収差成分が０．０５λｌｒｍｓ以内になるように屈折面Ｓ１及び屈折面Ｓ２を設計する。これ

により設計された屈折面Ｓ１を第１分割面ｂ１及び第４分割面ｂ４に適用する。そして透明基板厚さｔ３（ｔ１≦ｔ３≦ｔ２）で最良像面位置において波面収差の球面収差成分が０．０５λ2ｒｍｓ以内になるように、前記屈折面Ｓ２を変数とせずに新たな屈折面Ｓ１’を設計する。

【０２３３】この屈折面Ｓ１’を第２分割面ｂ２及び第３分割面ｂ３とするのであるが、透明基板厚さｔ３で最適化しているので、第１の光ディスク１０使用時において、第１分割面ｂ１と第４分割面ｂ４のつくる最良像面位置とは異なる位置に最良像面位置を見かけ上形成する。しかしながら、その波面収差は、分割面内での波面収差の傾きを変化させ、例えば第１の光情報記録媒体（例えばＤＶＤよりも高密度・大容量の次世代光ディスク）では右肩下がりの波面収差となり、第２の光情報記録媒体（例えばＤＶＤ）では逆に若干の右肩上がりとなる。このような分割面を２つ以上屈折面Ｓ１に一部設ける事で、異なる光情報記録媒体における波面収差両立が容易となる。

【０２３４】これらの各分割面の境界位置や分割面の軸上厚を適宜設計することで、ＤＶＤよりも高密度・大容量の次世代光ディスクではビームスポット最小錯乱円位置及びＤＶＤでは前ピン位置それぞれにおいて波面収差補正が可能となる。すなわち、ＤＶＤよりも高密度・大容量の次世代光ディスクでは対物レンズによりビームスポット最小錯乱円位置に集光して第１～４光束ＬＢ１～ＬＢ４内の光線は、前記最小錯乱円位置においてほぼ波長λ1の整数倍、すなわち ｍiλ1（ ｍiは整数でｉ＝１、２、…、ｋ）の波面収差を有する。

【０２３５】また、ＤＶＤでは必要開口数ＮＡ２がＮＡ１よりも小さいため、第１～４光束ＬＢ１～ＬＢ４をすべて有効活用しなくてもよく、本実施の形態の光ピックアップ装置では、第１～３光束ＬＢ１～ＬＢ３内の光線が、前記前ピン位置においてほぼ波長λ2の整数倍ｎiλ1（niは整数でｉ＝１、２、…、ｋ）の波面収差を有する。第４光束ＬＢ４はＤＶＤの場合不要光であり、光ディスクの記録面上ではメインのスポット光から間隔をおいた場所にフレアーとして照射する。このフレアーはメインスポット光に対して十分に小さいので、絞り８をＤＶＤよりも高密度・大容量の次世代光ディスクの必要開口数相当にしておくだけで、絞り８の開口数を変える手段を必要とせすにＤＶＤ再生が可能となる。勿論、ＤＶＤ使用時に第４光束ＬＢ４を遮蔽する機能を持つ絞り８を用いてもよい。

【０２３６】従って本実施例の光ピックアップ装置は、４つの分割面ｂ１～ｂ４を設けてはいるが、従来技術の対物レンズと異なり、各ディスクにおいて焦点位置を複数持たないので、スポット光量損失を少なくできる。そして、各光ディスク使用時において必要開口数内の光線の波面収差をほぼ波長整数倍としており、必要開口数内

を通った光束が互いに干渉して強め合うためスポット光の中心強度を高め、結果として光ディスクから充分な反射光量が得られ、互換性のある光ピックアップ装置として安定した動作が可能となる。

【０２３７】なお、本実施例においては、対物レンズに４つの分割面を設けたが、基本的には３つの分割面となるような、入射光束を実質的に３つの光束に分割する３つの部分を有する面をもつ対物レンズを本発明の対物レンズに用いることもできる。たとえば、少なくとも１面に、光軸側からその外周に向かって順に、屈折作用により光源から出射された光束を複数の光束に分割する、少なくとも第１の部分、第２の部分及び第３の部分を有し、　その第１の部分及び第３の部分は、透明基板厚ｔ１の第１の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように、光源からの光束をその情報記録面上に集光可能であり、また、その第１の部分及び第２の部分は、透明基板厚ｔ２（ｔ１＜ｔ２）の第２の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように、光源からの光束を情報記録面上に集光可能であるように構成された、良く知られた対物レンズである。

【０２３８】以上述べた本実施の形態によれば、半導体レーザのモードホップに起因する球面収差の変動を効果的に補正できる光ピックアップ装置及び光学系、温度・湿度変化等に起因する対物レンズの球面収差の変動を効果的に補正できる光ピックアップ装置及び光学系、短波長レーザと高ＮＡ対物レンズとを備え、異なる光情報記録媒体に対して情報の記録又は再生を行える光ピックアップ装置を提供することが出来る。なお、本発明は勿論、以上の実施の形態や種々の実施例に限定されるものではない。

【０２３９】

【発明の効果】本発明によれば、光ピックアップ装置において、球面収差の変動を効果的に補正できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本実施の形態にかかる光ピックアップ装置の概略構成図である。

【図２】実施例１に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。

【図３】実施例１の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。

【図４】実施例２に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。

【図５】実施例２の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。

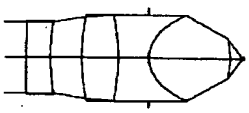
【図６】実施例３に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。

【図７】実施例３の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。

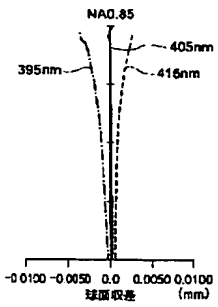
【図８】実施例４に係る負レンズ５と、正レンズ４と、

対物レンズ３の光学系構成図である。
【図９】実施例４に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。
【図１０】実施例４の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。
【図１１】実施例４の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。
【図１２】実施例５に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。
【図１３】実施例５に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。
【図１４】実施例５の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。
【図１５】実施例５の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。
【図１６】実施例６に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。
【図１７】実施例６の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。
【図１８】実施例７に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。
【図１９】実施例７の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。
【図２０】実施例８に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。
【図２１】実施例８の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。
【図２２】実施例９に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。
【図２３】実施例９の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。
【図２４】実施例１０に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。
【図２５】実施例１０の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。
【図２６】実施例１０に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。
【図２７】実施例１１に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。
【図２８】実施例１１の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。
【図２９】実施例１２に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。
【図３０】実施例１２に係る負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。
【図３１】実施例１２の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。
【図３２】実施例１２の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。
【図３３】実施例１３に係るコリメータと、負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。
【図３４】実施例１３の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。
【図３５】実施例１４に係るコリメータと、負レンズ５と、正レンズ４と、対物レンズ３の光学系構成図である。
【図３６】実施例１４の光学系に係る対物レンズ３にかかる球面収差図である。
【図３７】異なる実施の形態にかかる光学系を示す図である。
【図３８】本実施の形態の変形例にかかる光学系を示す図である。
【図３９】本実施の形態の光ピックアップ装置に使用可能な対物レンズ３’を模式的に示した断面図（ａ）及び光源側から見た正面図（ｂ）である。
【符号の説明】
３　対物レンズ４　正レンズ５　負レンズ６　対物レンズのアクチュエータ７負レンズのアクチュエータ８　絞り９　シリンドリカルレンズ１１　第１光源１２　第２光源１５　カップリングレンズ１６　凹レンズ１７　ホログラム２１カップリングレンズ４１、４２　光検出器６２　ビームスプリッタ７１、７２１／４波長板

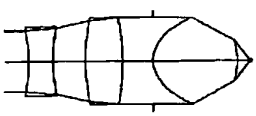
【図２】



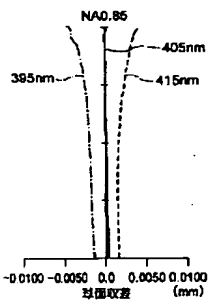
【図３】



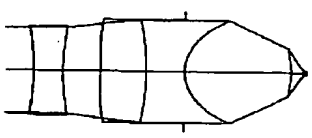
【図４】



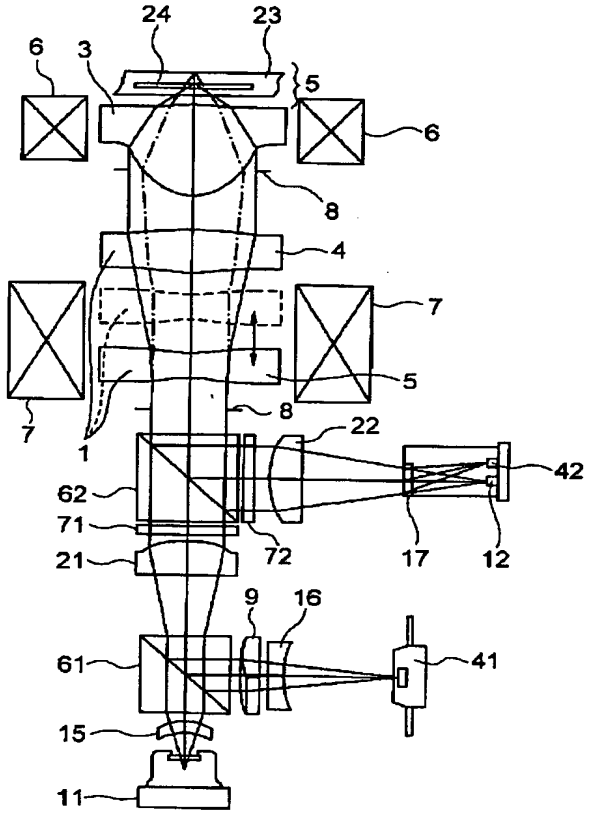
【図５】



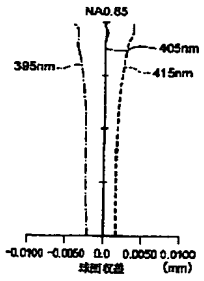
【図６】



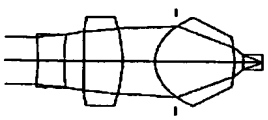
【図１】



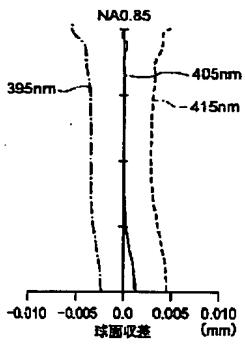
【図７】



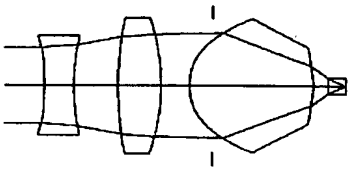
【図８】



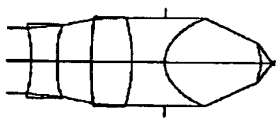
【図１０】



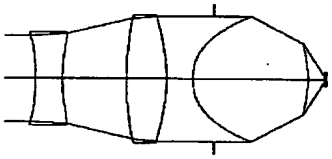
【図１２】



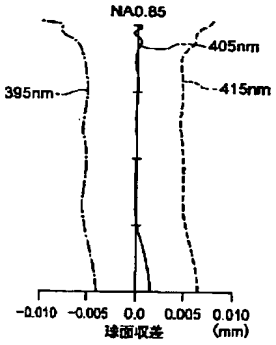
【図１６】



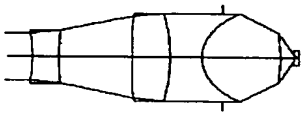
【図１３】



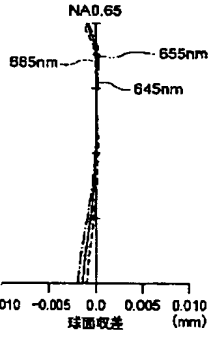
【図１４】



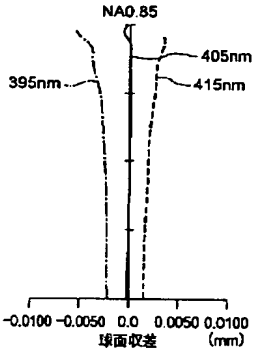
【図９】



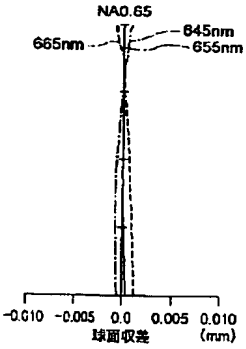
【図１１】



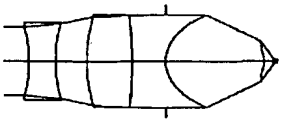
【図１７】



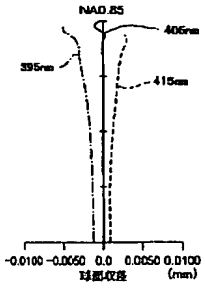
【図１５】



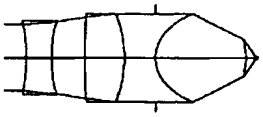
【図１８】



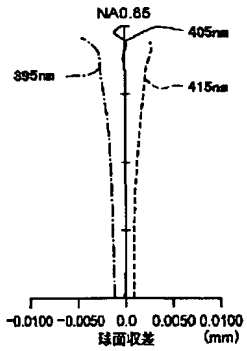
【図１９】



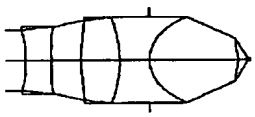
【図２０】



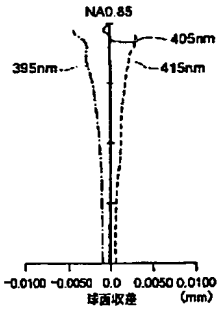
【図２１】



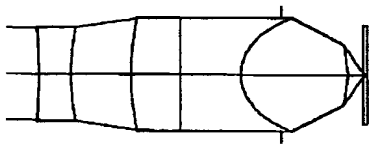
【図２２】



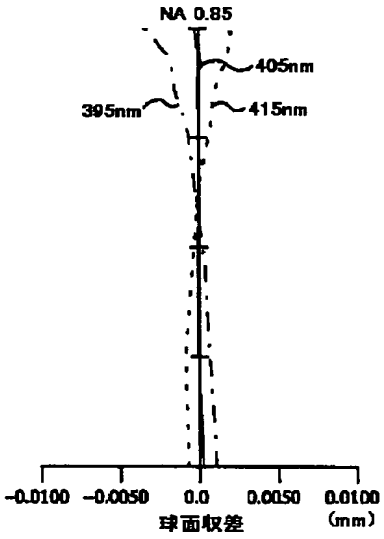
【図２３】



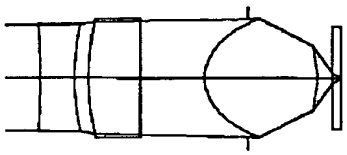
【図２４】



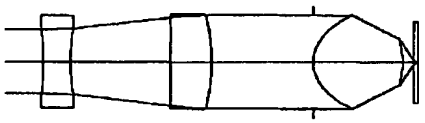
【図２５】



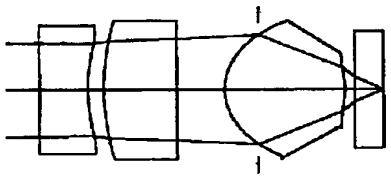
【図２６】



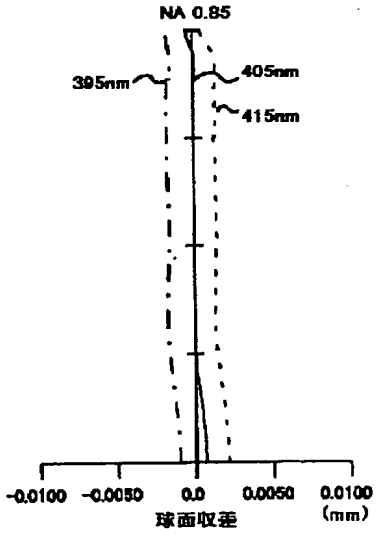
【図２７】



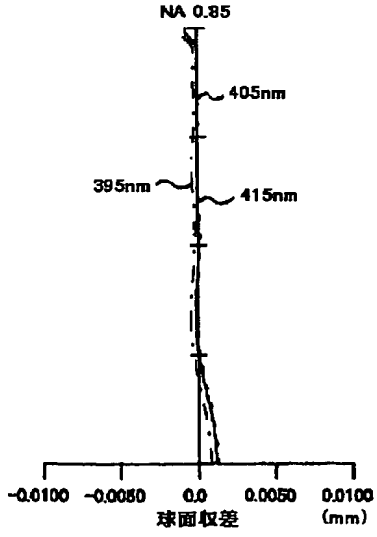
【図３０】



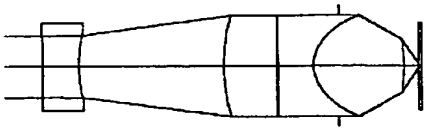
【図３１】



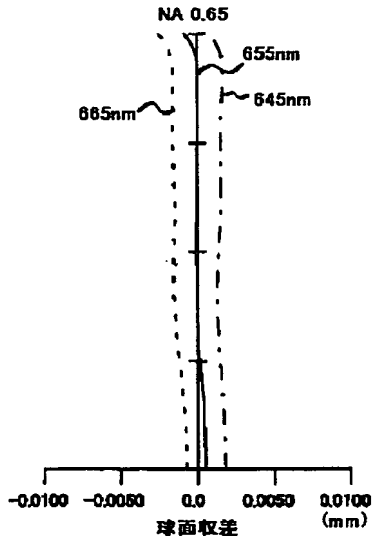
【図２８】



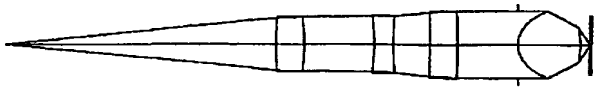
【図２９】



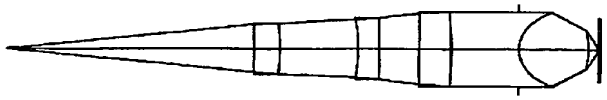
【図３２】



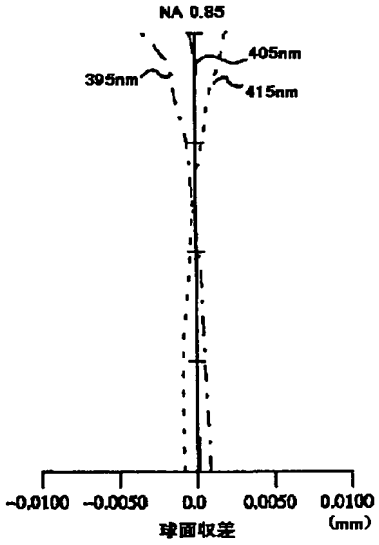
【図３３】



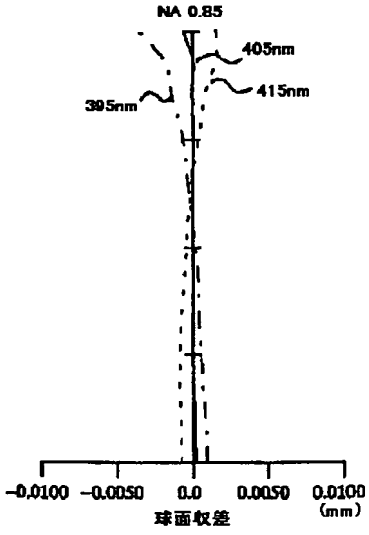
【図３５】



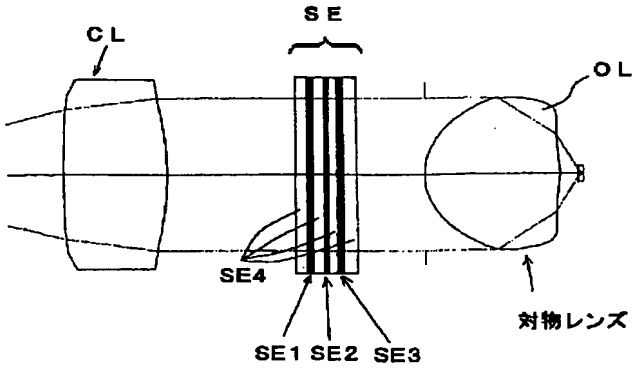
【図３６】



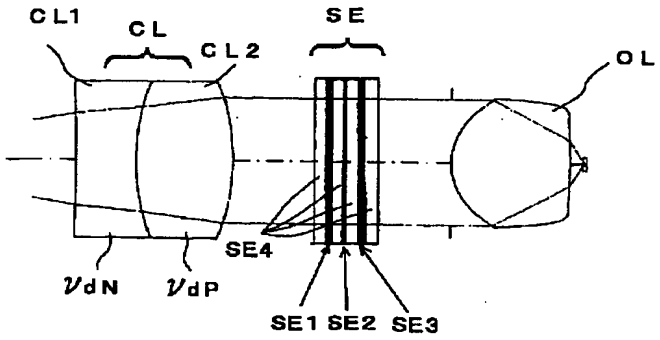
【図３４】



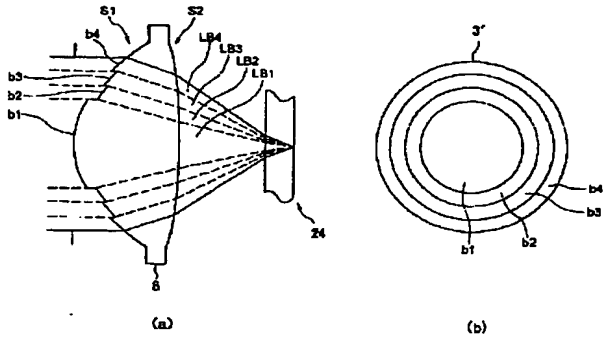
【図３７】



【図３８】


CL1
CL
CL2
SE
OL
SE4
νdN
νdP
SE1 SE2 SE3

【図３９】


S1
S2
b4
LB4
LB3
LB2
LB1
b3
b2
b1
Z4
8
(a)
3'
b4
b3
b1
b2
(b)